



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:
"ESTIMACIÓN ADECUADA DE COEFICIENTES DE MACRO Y MICRO
RUGOSIDAD CON ARENAS EN EL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE
PARA SU USO EN EL ALTIPLANO PERUANO"

PRESENTADO POR:
Bach. RAÚL CARLOS EDUARDO MILLONES RODRÍGUEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL
JULIACA-PERÚ

2018



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

"ESTIMACIÓN ADECUADA DE COEFICIENTES DE MACRO Y MICRO
RUGOSIDAD CON ARENAS EN EL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE PARA SU
USO EN EL ALTIPLANO PERUANO"

PRESENTADO POR:

Bach. Raúl Carlos Eduardo Millones Rodríguez

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

:

Dr. Ing. Ronald Madera Terán

PRIMER MIEMBRO

:

Dr. Ing. Angel Manuel Olazabal Guerra

SEGUNDO MIEMBRO

:

Mgtr. Ing. Hernán Pedro Martínez Ramos

FIRMA DEL ASESOR

:

Ing. Hernán Almonte Pilco



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

RESOLUCIÓN DECANAL N° 243-2018-D-FICP-UANCV

Juliaca, 21 de setiembre de 2018

VISTOS:

El Informe N° 032-2018-D-EPIC-FICP-UANCV-J, del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, el Informe N° 081-RMT-EP-CIVIL-UANCV del Presidente del Jurado dictaminador del Trabajo de Tesis, RESOLUCIÓN DECANAL N° 239-2017-D-FICP-UANCV, de aprobación del Perfil de tesis de fecha 09 de agosto de 2017, y el acta de calificación del Borrador de Tesis de fecha 07 de setiembre de 2018, para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: "ESTIMACIÓN ADECUADA DE COEFICIENTES DE MACRO Y MICRO RUGOSIDAD CON ARENAS EN EL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE PARA SU USO EN EL ALTIPLANO PERUANO".

CONSIDERANDO:

Que, el(los) Bachiller(es): MILLONES RODRIGUEZ, RAUL CARLOS EDUARDO, ha presentado su Trabajo de Tesis Titulado: "ESTIMACIÓN ADECUADA DE COEFICIENTES DE MACRO Y MICRO RUGOSIDAD CON ARENAS EN EL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE PARA SU USO EN EL ALTIPLANO PERUANO".

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el presidente de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías, nominó como Jurado a los siguientes Docentes:

- | | | |
|---------------|---|--|
| * Presidente | : | Dr. Ing. RONALD MADERA TERÁN |
| * 1er Miembro | : | Dr. Ing. ANGEL MANUEL OLAZABAL GUERRA |
| * 2do Miembro | : | Mgtr. Ing. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS |

Que, el Jurado Dictaminador ha aprobado en su integridad el Trabajo de Tesis titulado: "ESTIMACIÓN ADECUADA DE COEFICIENTES DE MACRO Y MICRO RUGOSIDAD CON ARENAS EN EL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE PARA SU USO EN EL ALTIPLANO PERUANO".

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen 223-2018 la originalidad del trabajo de investigación titulado "ESTIMACIÓN ADECUADA DE COEFICIENTES DE MACRO Y MICRO RUGOSIDAD CON ARENAS EN EL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE PARA SU USO EN EL ALTIPLANO PERUANO".

Estando en la opinión favorable por el Presidente de la Comisión de Grados y Títulos, en concordancia al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria 30220, ley de creación de la UANCV 23738 y modificación, Resolución de Institucionalización 1287-92-ANR D.L. 739, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el TRABAJO DE TESIS, de el(los) Bachiller(es): MILLONES RODRIGUEZ, RAUL CARLOS EDUARDO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: "ESTIMACIÓN ADECUADA DE COEFICIENTES DE MACRO Y MICRO RUGOSIDAD CON ARENAS EN EL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE PARA SU USO EN EL ALTIPLANO PERUANO".

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Tesis en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como ASESOR DE TESIS al Ordinario, Ing. HERNAN ALMONTE PILCO.

ARTICULO TERCERO.- La Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional Ingeniería Civil, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución. Regístrese, Comuníquese, Archívese.

C.c.
Interesado
Arch.
ATZB/epl



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DECANO
Dr. ALFREDO T. ZEGARRA BUTRÓN
CIP: 32590



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
SECRETARIO ACADÉMICO
Ing. Carlos A. Cáceres Vargas
SECRETARIO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CIP: 72725

DEDICATORIA

Familia, amigos, y personales especiales en mi vida, no son nada más y nada menos que un solo conjunto: seres queridos que suponen benefactores de importancia inimaginable en mis circunstancias de humano. No podría sentirme más ameno con la confianza puesta sobre mi persona, especialmente cuando he contado con su mejor apoyo desde que siquiera tengo memoria.

Este nuevo logro es en gran parte gracias a ustedes; he logrado concluir con éxito un proyecto que en un principio podría parecer tarea titánica e interminable. Quisiera dedicar mi tesis a ustedes, personas de bien, seres que ofrecen amor, bienestar, y los finos deleites de la vida.



AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado la vida, proporcionarme sabiduría, librarme de todo peligro y permitirme alcanzar este triunfo académico que día a día anhelaba obtener, a mis padres

Audberto y Norma por enseñarme que debo conducirme por el camino correcto, por quererme mucho y estar pendiente de mí en cada etapa de mi vida, a mi hermana Darly gracias por estar en momentos importantes de mi vida.

A la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez por darme la oportunidad de estudiar y llegar ser un profesional.



ÍNDICE

| | |
|---|------|
| DEDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTO | ii |
| ÍNDICE | iii |
| ÍNDICE DE TABLAS | vii |
| ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS | ix |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | x |
| RESUMEN | xi |
| ABSTRACT | xii |
| INTRODUCCIÓN | xiii |
| CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES | 1 |
| 1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. | 1 |
| 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 2 |
| 1.2.1 Problema Principal | 2 |
| 1.2.2 Problemas Secundarios | 2 |
| 1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN. | 2 |
| 1.3.1 Objetivo Principal | 2 |
| 1.3.2 Objetivos Secundarios | 2 |
| 1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO | 2 |
| 1.4.1 Justificación técnica | 2 |
| 1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN | 3 |
| 1.6 HIPÓTESIS | 4 |
| 1.6.1 Hipótesis Principal | 4 |
| 1.6.2 Hipótesis Secundarias | 4 |
| 1.7 VARIABLES | 5 |
| 1.7.1 Definición Conceptual de la Variable | 5 |
| 1.7.2 Definición operacional de la Variable | 5 |



| | | |
|--|---|----|
| 1.7.3 | Operacionalización de las Variables | 5 |
| 1.7.4 | Matriz de las Variables..... | 7 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO..... | | 8 |
| 2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO. | | 8 |
| 2.1.1 | Juan Diego Gutiérrez Silva. (2009). "Cálculo del coeficiente de Rugosidad de Manning utilizando Gravilla, Arena, Piedra pegada y tierra como fondo mediante un canal a Escala como Modelo Físico". | 8 |
| 2.1.2 | Erick Augusto Carmona Gonzales. (2009). "Hidráulica de Canales Abiertos "Compendio" | 8 |
| 2.1.3 | Juan Ronal Choquehuanca Gómez. (2013). "Evaluación de la velocidad de flujo en función de la Rugosidad en Canales de Concreto Modulo Cabana – Mañazo Puno 2012". | 9 |
| 2.2 BASES TEORICAS QUE SUSTENTAN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN..... | | 9 |
| 2.2.1 | Hidráulica de los Canales Abierto | 9 |
| 2.2.1.1 | Conductos Abiertos..... | 9 |
| 2.2.1.2 | Canales: Definiciones y Principios Básicos | 10 |
| 2.2.1.2.1 | Secciones transversales más frecuentes..... | 10 |
| 2.2.1.3 | Clasificación de Canales Abiertos..... | 11 |
| 2.2.2 | ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE UN CANAL DE SECCIÓN RECTANGULAR..... | 13 |
| 2.2.3 | CÁLCULO DE LAS RELACIONES GEOMÉTRICAS PARA UNA SECCIÓN RECTANGULAR..... | 14 |
| 2.2.4 | FÓRMULAS ANTIGUAS PARA CALCULAR EL VALOR DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD. | 15 |
| 2.2.4.1 | OTRAS METODOLOGÍAS PARA EL CALCULO DE RUGOSIDAD FÓRMULA DE KUTTER – GANQUILLET (1869). | 16 |
| 2.2.5 | COEFICIENTE DE MANNING "n"..... | 20 |
| 2.2.5.1 | FACTORES QUE AFECTAN EL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING..... | 24 |
| 2.2.6 | ANÁLISIS FÍSICO SOBRE LA RUGOSIDAD Y LAS FORMAS DE FONDO. .. | 25 |



| | |
|---|----|
| 2.2.7 FÓRMULA DE MEYER-PETER Y MUELLER (COEFICIENTES DE RUGOSIDAD DE STRICKLER)..... | 26 |
| 2.2.8 FASES DEL TRANSPORTE SÓLIDO..... | 29 |
| 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS..... | 32 |
| CAPÍTULO III: PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 34 |
| 3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN..... | 34 |
| 3.2 DISEÑO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN..... | 34 |
| 3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN..... | 34 |
| 3.4 MÉTODOS APLICADOS A LA INVESTIGACIÓN..... | 35 |
| 3.4.1 MÉTODO ANALÍTICO..... | 35 |
| 3.4.2 MÉTODO DE OBSERVACIÓN EXPERIMENTAL..... | 35 |
| 3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA..... | 35 |
| 3.5.1 POBLACIÓN..... | 35 |
| 3.5.2 MUESTRA..... | 35 |
| 3.6 TÉCNICAS, FUENTES E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS..... | 36 |
| 3.7 VALIDÉZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO..... | 36 |
| 3.7.1 EQUIPAMIENTO DEL MODELO FÍSICO..... | 36 |
| 3.7.2 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO..... | 39 |
| 3.8 PLAN DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS..... | 41 |
| 3.8.1 RECOLECCION DE MATERIAL..... | 41 |
| 3.8.1.1 Catacterísticas de la cantera del río Ilave..... | 41 |
| 3.8.1.2 Características de la cantera del río Laraqueri..... | 41 |
| 3.8.2 TAMIZADO Y GRANULOMETRÍA..... | 42 |
| 3.8.2.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO..... | 46 |
| CANTERA DEL RÍO ILAVE..... | 46 |
| 3.8.3 CALIBRACIÓN DEL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE..... | 52 |
| 3.8.3.1 DATOS OBTENIDOS POR AFORO VOLUMÉTRICO..... | 52 |
| 3.8.3.2 DATOS OBTENIDOS POR CORRENTÓMETRO..... | 54 |
| 3.8.3.3 DATOS OBTENIDOS POR EL TUBO DE PITOT..... | 56 |



| | |
|---|-----|
| 3.8.3.4 DATOS OBTENIDOS POR LOS ENSAYOS Y COMPARACIÓN DE n..... | 57 |
| CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 60 |
| 4.1 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MICRO Y MACRO RUGOSIDAD | 60 |
| 4.1.1 CANTERA DE ILAVE..... | 61 |
| 4.1.1.1 MACRO Y MICRO RUGOSIDAD PARA ARENA FINA EN LA CANTERA ILAVE | 61 |
| 4.1.1.2 MACRO Y MICRO RUGOSIDAD PARA ARENA MEDIA EN LA CANTERA ILAVE | 86 |
| 4.1.2 CANTERA DE LARAQUERI..... | 111 |
| 4.1.2.1 MACRO Y MICRO RUGOSIDAD PARA ARENA FINA EN LA CANTERA LARAQUERI | 111 |
| 4.1.2.2 MACRO Y MICRO RUGOSIDAD PARA ARENA MEDIA EN LA CANTERA LARAQUERI | 136 |
| 4.1.2.3 MACRO Y MICRO RUGOSIDAD PARA ARENA GRUESA EN LA CANTERA LARAQUERI | 161 |
| CONCLUSIONES | 186 |
| RECOMENDACIONES | 189 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 190 |
| ANEXOS | 191 |
| GALERÍA FOTOGRÁFICA..... | 191 |
| RESULTADOS DE LABORATORIO..... | 196 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Valor extraído de S.M. Woodward and C. J Posey. | 4 |
| Tabla 2: Relación entre las formas de fondo y el coeficiente de rugosidad n de Manning, de acuerdo con la zona de flujo | 4 |
| Tabla 3: Variables que se tendrán en cuenta para la operalización: | 5 |
| Tabla 4: Matriz de Consistencia de la tesis Estimación adecuada de coeficientes de macro y micro rugosidad con arenas en el canal de pendiente variable para su uso en el Altiplano Peruano..... | 7 |
| Tabla 5 Valores del coeficiente " n " Kutter que generalmente se usan en los diseños. | 17 |
| Tabla 6 valores del coeficiente G de rugosidad a utilizarse en la fórmula de Bazin | 18 |
| Tabla 7 Coeficiente de rugosidad de Manning de acuerdo a Chow | 20 |
| Tabla 8. Valores del coeficiente n de Manning (continuación) | 21 |
| Tabla 9. Valores del coeficiente n de Manning (continuación) | 22 |
| Tabla 10. Valores del coeficiente n de Manning (continuación) | 23 |
| Tabla 11. Coeficientes de rugosidad de Manning. | 25 |
| Tabla 12. Relación entre las formas de fondo y el coeficiente de rugosidad n de Manning, de acuerdo con la zona de flujo | 26 |
| Tabla 13. Variables | 40 |
| Tabla 14. Número y abertura de los tamíes. | 43 |
| Tabla 15. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107 - ASTM D 422) | 46 |
| Tabla 16. Obención de D , C_u (coeficiente de uniformidad) y C_c (coeficiente de curvatura) | 47 |
| Tabla 17. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107 - ASTM D 422) | 48 |
| Tabla 18. Obención de D , C_u (coeficiente de uniformidad) y C_c (coeficiente de curvatura) | 49 |
| Tabla 19. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107 - ASTM D 422) | 50 |
| Tabla 20. Obención de D , C_u (coeficiente de uniformidad) y C_c (coeficiente de curvatura) | 51 |
| Tabla 21. Conversión de grado a porcentaje en el canal de pendiente variable. | 52 |
| Tabla 22. Datos de altura, base y área y velocidad obtenidos en el canal. | 53 |
| Tabla 23. Resultados del aforo volumétrico realizado en el canal. | 53 |
| Tabla 24. Valor obtenido por el correntómetro. | 54 |
| Tabla 25. Velocidad obtenida por el tubo de Pitot. | 56 |



| | |
|---|----|
| Tabla 26. Valores de n y k para pared de un canal. | 58 |
|---|----|





ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | |
|---|-----|
| Fotografía 1. Tanque de almacenamiento | 38 |
| Fotografía 2. Caudalímetro y válvula de regulación de caudal (UANCV)..... | 38 |
| Fotografía 3. Canal de Prueba y control de mandos (UANCV) | 39 |
| Fotografía 4. Extracción de arena de las laderas. | 42 |
| Fotografía 5. Separación de material en bolsas. | 42 |
| Fotografía 6. Tamices que se utilizaron para la granulometría | 44 |
| Fotografía 7. Clasificación de arenas por tamaño de granos. | 44 |
| Fotografía 8. Cálculo de peso retenido en ambas muestras. | 45 |
| Fotografía 9. Extracción del material de cada tamíz para su pesaje. | 45 |
| Fotografía 10. Contenedor de 1m ³ | 52 |
| Fotografía 11. Estabilización del tirante del canal. | 53 |
| Fotografía 12. Aforo Volumetrico realizado en el canal de pendiente variable | 54 |
| Fotografía 13. Correntómetro del laboratorio de hidráulica..... | 54 |
| Fotografía 14. Colocación del correntómetro en el canal..... | 55 |
| Fotografía 15. Uso del correntómetro en el canal. | 55 |
| Fotografía 16. Del equipo Streamflo 430, marca Nixon | 56 |
| Fotografía 17. Utilización del tubo de Pitot en el canal..... | 57 |
| Fotografía 18. Colocación de material en las cajas contenedoras para la estimación de coeficientes de rugosidad. | 191 |
| Fotografía 19. Colocación de las cajas con el materia en el canal de pendiente variable. | 191 |
| Fotografía 20. Colocación de mallas que retendrán el material que pueda ser arrastrado. | 192 |
| Fotografía 21. Material retenido por las mallas de seguridad..... | 192 |
| Fotografía 22. Uso de saquillos de harina para retención de arena fina. | 193 |
| Fotografía 23. Formación de rizos en arenas finas. | 193 |
| Fotografía 24. Formación de dunas en arenas finas. | 194 |
| Fotografía 25. Formación de rizos en arenas medias..... | 194 |
| Fotografía 26. Formación de rizos sobre dunas en arena media. | 195 |
| Fotografía 27. Formación de rizos en arena gruesa. | 195 |



ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1. Curva granulométrica de la cantera del río llave. | 47 |
| Gráfico 2 Curva granulométrica de la cantera Laraqueri. | 49 |
| Gráfico 3. Curva granulométrica de la cantera Laraqueri. | 51 |
| Gráfico 4. Sección del canal | 58 |



RESUMEN

La presente investigación, trata de analizar la diferencia que se pueda encontrar en la determinación de los coeficientes de macro y micro rugosidad cuando utilizamos arenas como un valor establecido, en el Canal de Pendiente Variable de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez con respecto a los valores establecidos en tablas que frecuentemente se utiliza de Ven Te Chow.

Para el cálculo experimental se utilizaron tres métodos, los cuales nos sirvió para que a través de comparaciones, establecer cuál de ellos es el más óptimo y saber si el valor de rugosidad es igual a los ya calculados en Ven Te Chow; el primer método aplicado es empleando la Fórmula de Manning simple, la cual considera solo la rugosidad de fondo "n", el segundo método es aplicando la Fórmula de Manning pero adicionando la rugosidad de fondo "n₂" y la de pared (ya como valor calculado), y el tercer método es el de los Coeficientes de Strickler en el cual obtendremos cuatro rugosidades Rugosidad de Canal (Km), Micro rugosidad (Kr), Rugosidad de Pared (Kw) y Rugosidad de Fondo (Ks) obteniendo como valor a considerar la rugosidad de Fondo.

Los resultados obtenidos nos dan valores de micro rugosidad, los cuales se pueden ver que empleando la ecuación de Manning simple, están muy alejados de los valores obtenidos con la ecuación de Manning con dos rugosidades y la ecuación de Strickler que tienen valores iguales, pero siendo diferente a los valores de Ven Te Chow en las arenas medias y gruesas.

Para la Macro rugosidad se diferencia en conjunto con la Micro rugosidad desde qué por efectos de la pendiente y la velocidad el material de fondo, se forman rizos, dunas, antidunas o si ya está en un estado de suspensión.

Al finalizar los ensayos se considera que los valores más similares se encuentran en las arenas finas con velocidades bajas con respecto a los resultados establecidos de Ven Te Chow y de Arturo Rocha; para la estimación de la micro y macro rugosidad se utilizó la parte media del canal de pendiente variable y la pendiente se varió desde los 0.01° hasta los 0.5°.

PALABRAS CLAVE: Coeficientes, macrorugosidad, microrugosidad, arenas, canal de pendiente variable, altiplano peruano.

ABSTRACT

In this paper we analyze the difference that can be found in the estimation of the macro and micro roughness coefficients when we use sands as an estimated value in the Variable Slope Channel of the Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez with respect to the table that is frequently use of Ve Ten Chow.

Three methods are used for the experimental calculation, which allows us to compare which one is the most optimal and to know if the roughness value is the same as those already calculated in Ve Ten Chow; the first method used is the simple Manning Formula, which considers only the background roughness "n", the second method is the Manning Formula but adding the background roughness "n₂" and the wall roughness (already as a calculated value) , and the third method is that of the Strickler Coefficients in which we will obtain four roughnesses (Channel Roughness (K_m), micro-roughness (K_r), Wall Roughness (K_w) and Bottom Roughness (K_s)) obtaining as a value to consider Background roughness.

The calculated results give us micro-roughness values, which can be seen that Manning simple is very far from the Manning values with two roughness and Strickler that have equal values but being different from the values of Ve Ten Chow in the medium and thick sands.

For the macro-roughness it is differentiated in conjunction with the micro-roughness from which slope and speed the background material curls, dunes, antidunes or if it is already in a suspended state.

At the end of the tests it is considered that the most similar values are found in the fine sands with low speeds with respect to the results of Ve Ten Chow and Arturo Rocha; for the estimation of the micro and macro roughness, the middle part of the channel with variable slope was used and the slope was varied from 0.01 ° to 0.5 °.

KEY WORDS: Coefficients, macro-roughness, micro-roughness, sands, channel of variable slope, Peruvian high plateau.

INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se determinaron valores de las características de materiales como son las arenas, que nos permitieron efectuar una comparación entre los valores de rugosidad ya existentes con valores calculados de manera experimental, en el Canal de Pendiente Variable de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez – Juliaca en el laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

Se determinó valores de macro y micro rugosidad de materiales de dos tipos de cantera; siendo los primeros de cantera de la zona del río llave y los segundos de la Zona del río Laraqueri; teniendo una clasificación granulométrica de arenas finas, arenas medias y arenas gruesas.

Parala realización de los cálculos experimentales, se usó adicionalmente un correntómetro para determinar la velocidad, considerando la variación de la pendiente para su uso en la Fórmula de Manning y en la Fórmula de Strickler, por ser estas fórmulas, las que nos brindan valores más reales del resultado experimental.

Se efectuó una comparación de resultados obtenidos al final del experimento y se contrastó dichos valores, con los valores establecidos por Ven Te Chow. (1994). Hidráulica De Canales Abiertos. Editorial Mc Graw Hill. y Arturo Rocha (2007). Hidráulica de Tuberías y Canales. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú.

Esos valores servirán para que, en el altiplano peruano, se tenga valores de coeficientes de rugosidad más exactos en el caso de que estos valores sean muy lejanos a los teóricos establecidos, y así usarlos en el diseño adecuado de estructuras hidráulicas con más precisión y por lo tanto de mejor calidad.

El valor de la rugosidad estará representado por “n” de ahora en adelante.

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES:

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

En los proyectos de Hidráulica Fluvial, se tiene que evaluar el gasto líquido y el gasto sólido, para lo cual se requiere conocer los valores de coeficiente de rugosidad, del lecho de fluvial para lo cual utilizaremos arenas.

El uso del coeficiente de rugosidad que se utiliza actualmente en proyectos de Ingeniería Hidráulica, establece de manera generalizada su valor, no evaluando con mayor detalle la configuración de la forma y material del lecho del río.

El coeficiente de rugosidad debe evaluarse considerando la configuración del lecho del río, para lo cual se debe calcular un valor de macro rugosidad, determinada por la forma del lecho y un valor de micro rugosidad establecida por el material del lecho.

Debido a que existe un alto grado de incertidumbre en la determinación de los valores del coeficiente de macro y micro rugosidad en las diferentes fases de transporte que se dan en la hidráulica fluvial, es la razón por la que se plantea la presente investigación.

Para dicha investigación hicimos uso del canal de pendiente variable con que cuenta el Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, el cual se encuentran a una altitud de 3800 msnm.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.2.1 Problema Principal:

¿Cómo se obtiene valores más exactos de coeficientes de macro y micro rugosidad en condiciones de altura, de arenas en obras hidráulicas?

1.2.2 Problemas Secundarios:

- ¿Cuáles son los parámetros y factores que afectan al coeficiente de micro rugosidad en arenas en condiciones de altura?
- ¿Cuáles son los parámetros y factores que afectan al coeficiente de macro rugosidad en arenas en condiciones de altura?
- ¿Cómo se Relacionan ambos coeficientes en condiciones de altura?
- ¿Cómo, dónde y en qué forma se va a aplicar?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.3.1 Objetivo Principal:

Determinar de manera experimental los coeficientes de macro y micro rugosidad y analizar de manera conjunta ambos coeficientes determinados, en condiciones de altura, contrastando con valores de coeficientes de macro y micro rugosidad ya establecidos en tablas existentes.

1.3.2 Objetivos Secundarios:

- Determinar de manera experimental el coeficiente de micro rugosidad de las arenas en condiciones de altura.
- Determinar de manera experimental el coeficiente de macro rugosidad de las arenas en condiciones de altura.
- Analizar los coeficientes de rugosidad de las arenas en forma conjunta y general para determinar su factor de corrección en condiciones de altura.
- Analizar los valores determinados de macro y micro rugosidad de las arenas, y compararlas con los ya establecidas, en tablas ya existentes.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

1.4.1 Justificación técnica:

Debido a los diversos fenómenos que ocurren en el transporte de sedimentos, siendo uno de ellos la arena, que se da en los ríos o en canales, es cuando existe un incremento de

rugosidad, en las zonas donde se realiza la mayor cantidad de transporte sedimentario como en las zonas de deposición en las cuales se generan acumulaciones de material tanto fino como grueso, lo que genera coeficientes de rugosidad que serán simulados en el canal rectangular de pendiente variable, en el cual determinaremos de manera experimental y comprobaremos en base a las fórmulas existentes para ello, cómo es que se produce tanto en forma teórica como en forma experimental.

La determinación de los valores de rugosidad de las arenas en los ríos, en función de los caudales que transportan, permitirá definir los valores adecuados de rugosidad, lo cual permitirá ser usados en el proceso constructivo de determinadas estructuras hidráulicas.

1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

La ecuación de Manning que es la siguiente: $Q = \frac{ARS^{1/2}}{n}$ tiene un conjunto de limitaciones a mencionar:

- a) El coeficiente n es adimensional. Cada valor es válido sólo para las dimensiones del canal en que se obtuvo.
- b) No sigue las leyes generales de fricción y por ello es válida sólo para rugosidades relativas medias.
- c) No considera la forma de la sección y por ello un valor conocido de n es válido sólo para la forma de sección del canal en que se obtuvo.
- d) No considera la influencia de distintas rugosidades en la misma sección y la de su distribución de acuerdo con el nivel del agua.
- e) No considera la influencia de la formación de ondas y la inestabilidad que introducen cuando el régimen es supercrítico.
- f) No considera la influencia del arrastre de aire al interior del flujo cuando la velocidad es muy grande.
- g) No considera la influencia del transporte de sedimentos y de la forma variable de un lecho móvil.

1.6 HIPÓTESIS.

1.6.1 Hipótesis Principal:

Dado que el valor de "n" no solo depende de la rugosidad de la superficie, se determinará su valor con mayor exactitud si se calcula tomando en cuenta la rugosidad de la superficie y los parámetros del comportamiento del flujo en el canal.

1.6.2 Hipótesis Secundarias:

- El coeficiente de Manning (n) de las arenas tiene los valores desde 0.020 hasta 0.025 para el cálculo de micro rugosidad para el cual permitirá un margen permisivo de hasta 25%.

Tabla 1. Valor extraído de *Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems*.

| Coeficiente de Manning | |
|--|-------------|
| Cunetas y canales sin revestir | |
| En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa | 0,020-0,025 |

Fuente: GARDE R. J; RANGA Raja K. (1985). *Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems* ".

- Los valores del coeficiente de Manning (n) de las arenas para macro rugosidades, se presenta en dos zonas de flujo; una inferior el cual presentará márgenes de ajuste desde 10% hasta 15% y en la zona de flujo superior márgenes de ajuste desde 8% hasta 15%.

Tabla 2. Relación entre las formas de fondo y el coeficiente de rugosidad n de Manning, de acuerdo con la zona de flujo.

| ZONA DE FLUJO | FORMA DE FONDO | n DE MANNING | | MARGENES DE AJUSTE (%) | |
|---------------|----------------------|--------------|--------|------------------------|--------|
| | | MÍNIMO | MÁXIMO | MÍNIMO | MÁXIMO |
| INFERIOR | RIZOS | 0.018 | 0.028 | 10.00% | 10.00% |
| | RIZOS SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | 10.00% | 10.00% |
| | DUNAS | 0.02 | 0.04 | 15.00% | 15.00% |
| SUPERIOR | FONDO PLANO | 0.01 | 0.013 | 8.00% | 8.00% |
| | ANTINUNAS | 0.01 | 0.015 | 10.00% | 10.00% |
| | ESTACIONARIAS | | | | |
| | ANTIDUNAS ROMPIENTES | 0.012 | 0.012 | 15.00% | 15.00% |
| | POZOS Y RÁPIDOS | 0.018 | 0.035 | 20.00% | 25.00% |

Fuente: RODRIGUEZ DIAZ, Héctor Alfonso. (2010). *Hidráulica fluvial. Fundamentos y aplicaciones*. Socavación. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá-Colombia. (MODIFICADO PARA LA HIPOTESIS).

- Se analizará los coeficientes de micro y macro rugosidad de una estructura hidráulica, estas deberán obedecer a los valores del coeficiente de Manning del cuadro 1 y cuadro 2 con los correspondientes porcentajes estimados.
- Los coeficientes de micro y macro rugosidad que se utilizan en estructuras hidráulicas están determinadas por valores y parámetros establecidos en tablas, pero

estos cuentan con márgenes de error los cuales se encontrarán dicho factor, y será determinado por esta investigación para ser aplicado en el Altiplano Peruano.

1.7 VARIABLES:

1.7.1 Definición Conceptual de la Variable:

Para medir las variables conceptuales, generalmente se necesita una definición objetiva. Esto puede implicar contar con un instrumento validado de fácil acceso, inferir una variable operacional de la teoría, establecer consenso o los tres.

Para la tesis a desarrollar se tiene como instrumento para el cálculo de coeficientes de macro y micro rugosidad el Canal de Pendiente Variable que se encuentra en el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de la ciudad de Juliaca.

En este Canal de Pendiente Variable se tendrá la medición de las rugosidades temiendo como material a calcular arenas de diferentes tamaños y en diferentes pendientes.

1.7.2 Definición operacional de la Variable:

Para el cálculo de las micro y macro rugosidad se tendrá diferente tipo de factores que involucran su estimación; estos factores son la pendiente, la velocidad, el espejo de agua producida en el canal; estas variables harán posible que se pueda realizar la estimación de la macro y micro rugosidad que se desea calcular.

1.7.3 Operacionalización de las Variables:

Las variables que se tendrán en cuenta para realizar la estimación son las siguientes:

Tabla 3. Variables que se tendrán en cuenta para la operacionalización.

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | INDICADOR |
|------------------------|---|--|
| Velocidad de Flujo (v) | Velocidad del fluido el cual transcurrirá en el Canal de Pendiente Variable. | Para su medición se necesitara de un correntómetro el cual nos dará lecturas en metros por segundo (m/s). |
| Pendiente (S) | Es el ángulo de inclinación en la cual se pondrá la base del Canal de Pendiente Variable. | Para su medición de la pendiente se operará el mismo canal el cual cuenta con un mecanismo para su inclinación encontrándose en grados (°) y se tiene q convertir a m/m. |

| | | |
|--------------------------------------|--|---|
| Coeficiente de Rugosidad (n). | Valor de retención de un cuerpo con respecto a otro el cual hace que exista una cierta pérdida de velocidad. | El coeficiente de Rugosidad es adimensional pero se calcula principalmente con la fórmula de Manning. |
| Profundidad de flujo (Y) | Valor que se encuentra en relación del caudal con la longitud del canal. | Este valor tiende a variar con respecto a la inclinación del canal; su valor se da en metros (m). |

Fuente: Propia.



1.7.4 Matriz de las Variables:

Tabla 4. Matriz de Consistencia de la tesis: Estimación adecuada de coeficientes de macro y micro rugosidad con arenas en el canal de pendiente variable para su uso en el Altiplano Peruano.

| ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN: Investigación Mixta | | | | DISEÑO DE ESTUDIO: Experimental | | | METODOLOGÍA |
|--|--|---|--|---|--|---|--|
| PROBLEMA | OBJETIVO | HIPÓTESIS | VARIABLES | DIMENSIÓN | INDICADOR ES | TECNICA E INSTRUMENTOS | ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN: |
| <p>PROBLEMA PRINCIPAL:</p> <p>¿Cómo se obtiene valores más exactos de coeficientes de macro y micro rugosidad en condiciones de altura, de arenas en obras hidráulicas?</p> <p>PROBLEMAS SECUNDARIOS:</p> <p>1. ¿Cuáles son los parámetros y factores que afectan al coeficiente de micro rugosidad en arenas en condiciones de altura?</p> <p>2. ¿Cuáles son los parámetros y factores que afectan al coeficiente de macro rugosidad en arenas en condiciones de altura?</p> <p>3. ¿Cómo se comportan ambos coeficientes en condiciones de altura?</p> <p>4. ¿Cómo, dónde y en qué forma se va a aplicar?</p> | <p>OBJETIVO PRINCIPAL:</p> <p>Determinar de manera experimental los coeficientes de macro y micro rugosidad y analizar de manera conjunta ambos coeficientes determinados, en condiciones de altura, contrastando con valores de coeficientes de macro y micro rugosidad ya establecidos en tablas existentes.</p> <p>OBJETIVOS SECUNDARIOS:</p> <p>1. Determinar de manera experimental el coeficiente de micro rugosidad de las arenas en condiciones de altura.</p> <p>2. Determinar de manera experimental el coeficiente de macro rugosidad en condiciones de altura.</p> <p>3. Analizar los coeficientes de rugosidad en forma conjunta y general para su factor de corrección en condiciones de altura.</p> <p>4. Analizar las estimaciones calculadas y compararlas con las tablas que ya se cuentan</p> | <p>HIPÓTESIS PRINCIPAL:</p> <p>Dado que el valor de "n" no solo depende de la rugosidad de la superficie, se determinará su valor con mayor exactitud si se calcula tomando en cuenta la rugosidad de la superficie y los parámetros del comportamiento del flujo en el canal.</p> <p>HIPÓTESIS SECUNDARIOS:</p> <p>1. El coeficiente de Manning (n) de las arenas tiene los valores desde 0.020 hasta 0.025 para el cálculo de micro rugosidad para el cual permitirá un margen permisivo de hasta 25%.</p> <p>2. Los valores del coeficiente de Manning (n) de las arenas para macro rugosidades, se presenta en dos zonas de flujo; una inferior el cual presentará márgenes de ajuste desde 10% hasta 15% y en la zona de flujo superior márgenes de ajuste desde 8% hasta 15%.</p> <p>3. Se analizará los coeficientes de micro y macro rugosidad de una estructura hidráulica, estas deberán obedecer a los valores del coeficiente de Manning del cuadro 1 y cuadro 2 con los correspondientes porcentajes estimados.</p> <p>4. Los coeficientes de micro y macro rugosidad que se utilizan en estructuras hidráulicas están determinadas por valores y parámetros establecidos en tablas, pero estos cuentan con márgenes de error los cuales se encontrarán dicho factor, y será determinado por esta investigación para ser aplicado en el Altiplano Peruano.</p> | <p>VARIABLES</p> <p>1. Velocidad de Flujo</p> <p>2. Pendiente</p> <p>3. Coeficiente de Rugosidad.</p> <p>4. Altura de espejo de agua</p> | <p>1.Velocidad de flujo</p> <p>2. Pendiente medida en por mil.</p> <p>3. Caudal del agua el cual mediremos en m³/s.</p> <p>4. Coeficientes de rugosidad que calcularemos con tablas.</p> | <p>1.Rugosidad</p> <p>2.Volumen</p> <p>3.Tiempo</p> <p>4.Angulo de Inclinación del canal</p> <p>5.Profundidad de la lamina</p> | <p>1 Canal de pendiente variable</p> <p>2 Arena fina</p> <p>3 Arena Gruesa</p> <p>4 Tamices</p> <p>5 Agua</p> <p>6 Mallas que la retención de las arenas.</p> | <p>ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN:</p> <p>En este capítulo se exponen los fundamentos que justifican la decisión de utilizar un enfoque mixto de investigación.</p> <p>DISEÑO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN:</p> <p>La presente investigación presenta un diseño experimental, mientras para el enfoque cuantitativo presenta un nivel Relacional ya que la investigación cuenta con factores numéricos como coeficientes de tablas y coeficientes a calcular en el canal; y para el enfoque cualitativo cuenta con un nivel aplicativo debido a que se quiere mejorar los coeficientes de rugosidad para aplicarlos en el altiplano peruano.</p> <p>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>La tesis de investigación se encuentra en una investigación deductiva ya que una vez obtenido los resultados que se realizaran en el canal de pendiente variable en laboratorio tendremos los coeficientes reales en lo que respecta a tipo regional teniendo una aplicación para las obras hidráulicas en el altiplano peruano y viendo la variación que se produce con los coeficientes de rugosidad de Manning (n) en arenas de manera teórica.</p> <p>MÉTODO ANALÍTICO.</p> <p>La presente tesis muestra un método analítico debido a que se necesitan varios valores para que esta pueda llegar a un resultado se descomponen principalmente los valores que se utilizarán en la Ecuación de Manning.</p> |

Fuente: Propia.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.

2.1.1 Juan Diego Gutiérrez Silva. (2009). "Cálculo del coeficiente de Rugosidad de Manning utilizando Gravilla, Arena, Piedra pegada y tierra como fondo mediante un canal a Escala como Modelo Físico" tuvo como objetivos determinar el Coeficiente de Rugosidad de Manning utilizando como material de fondo: gravilla, arena, arcilla y piedra pegada como revestimiento en canales mediante un modelo Físico. El cual consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de descubrir de qué modo o porque causas se produce una situación o acontecimiento en particular teniendo como conclusión el manejar cambios que tienen una característica diferente entre fondos de material disminuciones en el nivel de lámina aumentos apreciables y no apreciables del perímetro mojado al igual que la velocidad de flujo de manera que los resultados experimentales con los valores establecidos en los textos, se nota una cierta aproximación en ciertos materiales de estudio.

2.1.2 Erick Augusto Carmona Gonzales. (2009). "Hidráulica de Canales Abiertos "Compendio", presenta un compendio con la intención de facilitar a los estudiantes de ingeniería civil y de ingeniería agrícola un texto fácil de comprender a los fenómenos que ocurre en flujo a superficie libre recopilando las formulas del tema y describirlo de un manera fácil de entender; también determina las fórmulas más entendibles y fácil de entender para los estudiantes mediante ejercicios resueltos. La formulas expuestas en esta tesis nos sirve para el diseño de canales abiertos en diferentes tipos de canales como rectangulares, triangulares, circulares, trapezoidales. Conociendo sus elementos geométricos.

2.1.3 Juan Ronal Choquehuanca Gómez. (2013). "Evaluación de la velocidad de flujo en función de la Rugosidad en Canales de Concreto Modulo Cabana – Mañazo Puno 2012", determina la variación de la velocidad media del flujo, por el cambio de rugosidad, conocer la relación de la velocidad media y el coeficiente de rugosidad de Manning y determinar si existe variación significativa en la velocidad del flujo como consecuencia del cambio de rugosidad al transcurrir el tiempo. Realizó en primer lugar el reconocimiento del campo, recolección de información, luego se determinó la geometría de la sección del canal, luego se realizó el cálculo de la velocidad en gabinete, puesto que no se contaba con los documentos como el expediente teórico, luego se realizó las mediciones en campo, obteniendo la velocidad real, conociendo los elementos geométricos, se puede despejar de la ecuación de Manning " n " y se obtiene la rugosidad real. Para la realización de estas mediciones de velocidad se deben realizar aforos. Llegando a la conclusión que el tiempo de servicio del canal, mediante los aforos se concluye que las velocidades del flujo ha variado respecto a lo calculado, teniendo de esta manera velocidades que permiten la sedimentación, por otro lado los valores del coeficiente de rugosidad han variado como producto del transcurso del tiempo y la velocidad que permiten la sedimentación; aquí se ve que la rugosidad pueden variar los agentes que intervienen a lo largo del tiempo de servicio de un canal.

2.2 BASES TEORICAS QUE SUSTENTAN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

2.2.1 Hidráulica de los Canales Abierto:

2.2.1.1 Conductos Abiertos:

Los conductos hidráulicos abiertos se caracterizan por tener una superficie libre, en contacto con la atmósfera, el flujo se produce como consecuencia del peso del fluido. En tal sentido, y desde el punto de vista hidráulico, un canal se comporta como si fuese un río.

En un canal se puede lograr un cierto grado de permanencia manteniendo constante el caudal. En un río sólo excepcionalmente se podría lograr la permanencia (por ejemplo, en el flujo regulado aguas debajo de un embalse). Normalmente los caudales fluviales son muy irregulares en el tiempo. Las descargas son tan variables que para registrar las variaciones de nivel debe recurrirse a aparatos como los limnógrafos. En los canales puede lograrse algo parecido al movimiento uniforme, en la medida en la que el canal sea prismático y mantenga su sección transversal. En un río ocurre todo lo contrario: la sección transversal es muy variable y, en consecuencia, el movimiento no es uniforme.

Por lo tanto, las ecuaciones de descarga que se usan en conductos abiertos, como la ecuación de CHEZY o la de MANNING, corresponden a simplificaciones, a esquematizaciones, del escurrimiento real. De acá que sea frecuente encontrar diferencias entre los valores medidos y los calculados.

Sin embargo, y a pesar de las limitaciones anteriores, en Hidráulica Fluvial tenemos que hacer uso de las fórmulas y conceptos deducidos para el flujo en canales. De acá la importancia de conocer profundamente la Hidráulica de Canales para su aplicación, crítica y razonada, en la Hidráulica Fluvial. Así, en los estudios de campo de Hidráulica Fluvial medimos la velocidad de la corriente puntualmente, por medio de correntómetros, por ejemplo, y luego calculamos el caudal y la velocidad media.

En todos los casos se supone el movimiento permanente y uniforme de un fluido cuyo peso específico es γ , con un tirante y , un radio hidráulico R_h , una pendiente S y un coeficiente C de CHEZY.

2.2.1.2 Canales: Definiciones y Principios Básicos:

Villón Béjar, 1995. Hidráulica de Canales. Los canales son conductos en los que el agua circula debido a la acción de gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera.

Los canales pueden ser naturales (ríos o arroyos) o artificiales (construidos por le hombre). Dentro de estos últimos, pueden incluirse aquellos conductos cerrados que trabajan parcialmente llenos (alcantarillas, tuberías).

2.2.1.2.1 Secciones transversales más frecuentes.

La sección transversal de un canal natural es generalmente de forma muy irregular y varía de un lugar a otro. Los canales artificiales, usualmente se diseñan con formas geométricas regulares (prismáticos), las más comunes son las siguientes:

Secciones abiertas.

Sección trapezoidal. Se usa siempre en canales de tierra y en canales revestidos.

Sección rectangular. Se emplea para acueductos de madera, para canales excavados en roca y para canales revestidos.

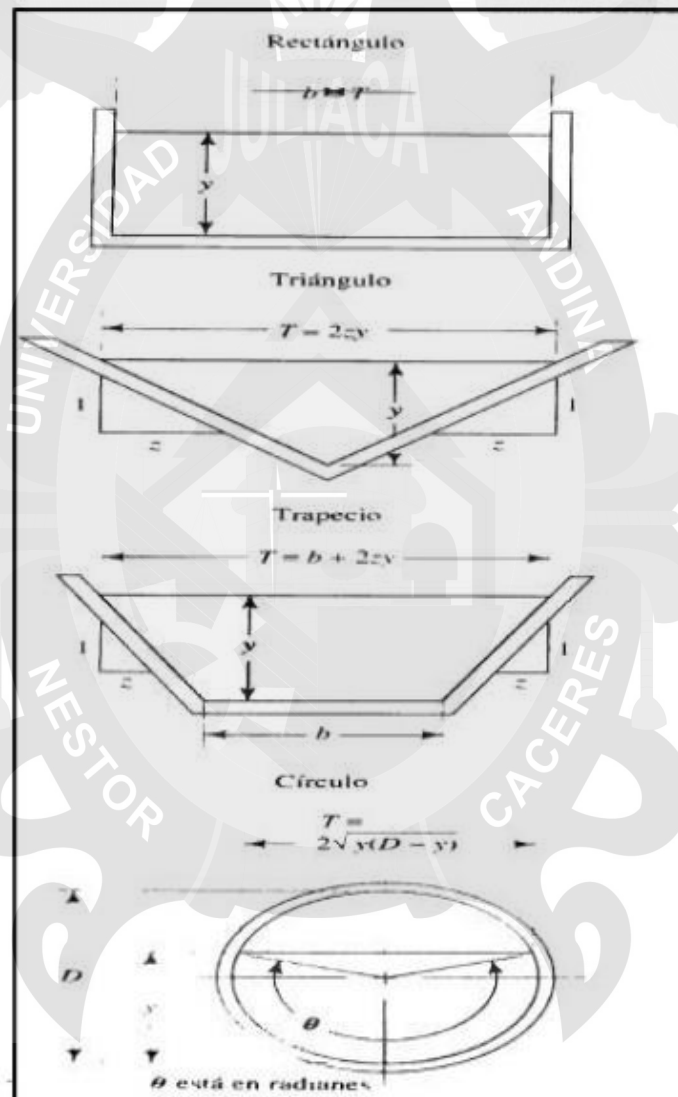
Sección triangular. Se usa para cunetas revestidas en las carreteras, también en canales de tierra pequeños, fundamentalmente por facilidad de trazo, por ejemplo los surcos.

Sección parabólica. Se emplea a veces para canales revestidos y es la forma que toman aproximadamente muchos canales naturales y canales viejos de tierra.

Secciones cerradas.

Sección circular y sección de herradura. Se usan comúnmente para alcantarillas y estructuras hidráulicas importantes.

Figura 1. Secciones transversales abiertas más frecuentes.



Fuente: VILLÓN BÉJAR, Máximo. (1995).

2.2.1.3 Clasificación de Canales Abiertos:

a. Canales Naturales:

Incluyen todos los cursos de agua que existen de manera natural en la tierra, los cuales varían de pequeños arroyuelos en zonas montañosas, hasta quebradas, ríos pequeños y grandes arroyos, lagos y lagunas. Las corrientes subterráneas que transportan agua con

una superficie libre también son consideradas como canales abiertos naturales. La sección transversal de un canal natural es generalmente de forma muy irregular y variable durante el recorrido lo mismo que su alineación y las características y aspereza de los lechos (Rodríguez Ruiz, 2008).

b. Canales artificiales.

Los canales artificiales son todos aquellos contruidos o desarrollados mediante el esfuerzo de la mano del hombre, tales como: canales de centrales hidroeléctricas, alcantarillado pluvial, sanitario, canales de desborde, canaletas de madera, cunetas a lo largo de la carretera, cunetas de drenaje agrícola y canales de modelos contruidos en el laboratorio (Rodríguez Ruiz, 2008)

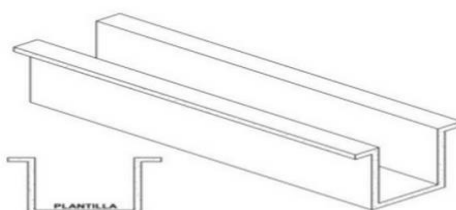
Figura 2. Sección transversal irregular.



Fuente: RODRÍGUEZ RUIZ, Pedro. (2008).

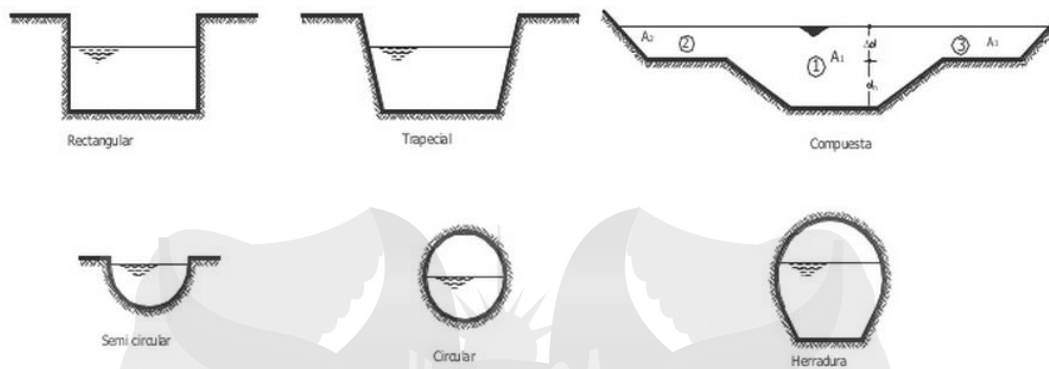
Los canales artificiales usualmente se diseñan con forma geométricas regulares (prismáticos), un canal contruido con una sección transversal invariable y una pendiente de fondo constante se conoce como canal prismático. El termino sección de canal se refiere a la sección transversal tomado de forma particular a la dirección del flujo. Las secciones transversales más comunes son las siguientes: trapezoidal, rectangular, triangular, parabólica. RODRÍGUEZ RUIZ, Pedro. (2008). Hidráulica II.

Figura 3. Sección transversal de un canal rectangular.



Fuente: RODRÍGUEZ RUIZ, Pedro. (2008).

Figura 4. Secciones transversales tipo.



Fuente: RODRÍGUEZ RUIZ, Pedro. (2008).

Para la presente investigación se considerara el canal artificial de sección rectangular no erosionable, entendiéndose por no erosionable, a los canales por los fluyen agua a grandes velocidades sin sufrir erosión significativa.

2.2.2 ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE UN CANAL DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Para poder entender aún mejor es necesario determinar algunas definiciones:

Sección transversal de canal, se refiere a la sección transversal de un canal tomando en forma perpendicular a la dirección del flujo.

Los elementos geométricos son propiedades de una sección de canal que pueden ser definidos por completo por la geometría de la sección y por la profundidad del flujo. En los casos de secciones regulares, los elementos geométricos pueden expresarse matemáticamente en términos de la profundidad del flujo y demás dimensiones de la sección. (Rodríguez Ruiz, 2008).

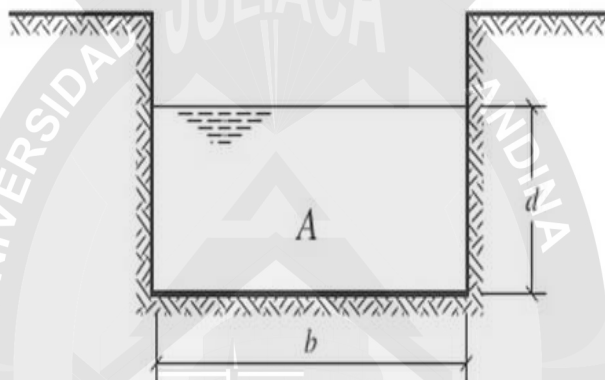
Ahora veamos las definiciones de los elementos geométricos de importancia para delimitar la presente investigación.

- a) **La profundidad del flujo, Y** , es la distancia vertical desde el punto más bajo de una sección de canal hasta la superficie libre. A menudo estos términos se intercambia de la profundidad con la profundidad de flujo de toda sección. En efecto, la profundidad del flujo, del flujo de la sección es la profundidad de flujo perpendicular a la dirección de este o a la altura de la sección del canal que contiene el agua.
- b) **El ancho superficial, T** , es el ancho de la sección del canal en la superficie libre.

- c) Área mojada, A , es el área de la sección transversal del flujo perpendicular a la dirección del flujo.
- d) **Perímetro mojado, P** , es la longitud de línea de intersección de la superficie de canal mojado y de un plano transversal perpendicular a la dirección del flujo.
- e) **Radio Hidráulico, R** , es la relación del área mojada con respecto al perímetro mojado.

$$Rh = \left(\frac{Ah}{Pm} \right)$$

Figura 5: Sección transversal de un canal rectangular.



Fuente: RODRÍGUEZ RUIZ, Pedro. (2008).

2.2.3 CÁLCULO DE LAS RELACIONES GEOMÉTRICAS PARA UNA SECCIÓN RECTANGULAR.

Teniendo en consideración la imagen (Figura 5), describiremos a continuación.

a) Área:

Representa el área geométrica del rectángulo, es la multiplicación de la base del canal por la altura del canal.

Área hidráulica = base x altura

$$A = (b * d).$$

Dónde:

A = área hidráulica del canal (m^2).

b = ancho de plantilla del canal en (m).

d = tirante del canal (m).

b) Perímetro mojado (P):

Longitud donde el fluido está en contacto con las paredes del conducto, no se debe incluir la superficie del agua.

$$P = (b + 2d)$$

c) Radio Hidráulico (R):

Es el resultado de dividir el área hidráulica "A" y el perímetro mojado (P).

$$R = \left(\frac{\text{area}}{\text{perímetro}} \right) = \left(\frac{A}{P} \right)$$

d) Caudal de Diseño (Q):

Caudal es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo (m³/s.eg).

e) Velocidad Media (V):

Es la relación del espacio respecto al tiempo de un flujo de agua.

2.2.4 FÓRMULAS ANTIGUAS PARA CALCULAR EL VALOR DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD.

Hay otra dificultad y es determinar por posible inspección que categoría de una fórmula que se quiere usar, corresponde a un canal existente, y es aún más difícil proyectar un canal dándose a priori la categoría que debe asignársela. Por otra parte, la rugosidad de pared de un lecho cambia si está sujeto a posibles embaucamientos deformaciones y vegetaciones, variables de una estación a otra: estamos lejos de haber expresado en formulas la aspereza de la pared de los canales, variable desde un cemento liso hasta una roca.

Formula de CHEZY:

$$v = C\sqrt{Rh * S}$$

Dónde:

- v = es la velocidad media en pies/s.
- Rh = es el radio hidráulico en pies.
- S = es la pendiente de la línea de energía.
- C = es un factor de resistencia al flujo, conocido como C de Chezy.

Para calcular C se despeja de la siguiente manera:

$$C = \frac{v}{Rh^{1/2} * S^{1/2}}$$

2.2.4.1 OTRAS METODOLOGÍAS PARA EL CALCULO DE RUGOSIDAD FÓRMULA DE KUTTER – GANGUILLET (1869).

La, fórmula establecida en 1869 por los ingenieros suizos E. Ganguillet y W.R. Kutter, se basó en numerosas mediciones, incluyendo el río MISSISSIPPI. Durante muchos años está bastante extendido su expresión es:

$$c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{So}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{So}\right) * \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Dónde:

C: es el coeficiente de Gangullet- Kutter a usarse en la fórmula de Chezy.

S: es la pendiente.

R: radio hidráulico.

n: un coeficiente de rugosidad de (Kutter).

Tabla 5. Valores del coeficiente "n" Kutter que generalmente se usan en los diseños.

| SUPERFICIE | n |
|---|---------------|
| Superficie metálica, lisa, sin pintar | 0,012 |
| Superficie metálica, lisa, pintada | 0,013 |
| Superficie metálica, corrugada | 0,025 |
| Cemento liso | 0,011 |
| Mortero de cemento | 0,013 |
| Madera cepillada | 0,012 |
| Madera sin cepillar | 0,013 |
| Tablones sin cepillar | 0,014 |
| Concreto liso | 0,013 |
| Concreto bien acabado, usado | 0,014 |
| Concreto frotachado | 0,015 |
| Concreto sin terminar | 0,017 |
| Gunita (sección bien terminada) | 0,019 |
| Gunita (sección ondulada) | 0,022 |
| Superficie asfáltica lisa | 0,013 |
| Superficie asfáltica rugosa | 0,016 |
| Tierra, limpia, sección nueva | 0,018 |
| Tierra, limpia, sección antigua | 0,022 |
| Tierra gravosa | 0,025 |
| Tierra, con poca vegetación | 0,027 |
| Tierra, con vegetación | 0,035 |
| Tierra, con piedras | 0,035 |
| Tierra, con pedrones | 0,040 |
| Para secciones circulares (trabajando como canal) | |
| Metal, liso | 0,010 |
| Acero soldado | 0,012 |
| Acero riveteado | 0,016 |
| Fierro fundido | 0,013 – 0,014 |
| Cemento | 0,011 – 0,013 |
| Vidrio | 0,010 |

Fuente: ROCHA, Arturo. (2007).

FÓRMULA DE BAZIN.

Esta fórmula fue establecida por Bazin en 1897.

$$C = \frac{87}{1 + \frac{G}{\sqrt{R}}}$$

Dónde:

C: es el coeficiente a usarse en la fórmula de Chezy.

R: radio hidráulico.

G. coeficiente de rugosidad de Bazin.

Tabla 6. Valores del coeficiente G de rugosidad a utilizarse en la fórmula de Bazin.

| CATEGORIA | DESCRIPCION | G |
|-----------|---|------|
| 1 | Contorno muy liso, perfectamente ejecutado. Plancha metálica. Cemento liso, madera muy cepillada. | 0,06 |
| 2 | Contornos lisos. Concreto bien acabado. | 0,16 |
| 3 | Concreto sin pulir. Albañilería de piedra bien terminada. | 0,46 |
| 4 | Canales en tierra, sin vegetación. | 0,85 |
| 5 | Canales en tierra con hierbas. Ríos de cauce irregular, sin vegetación. | 1,30 |
| 6 | Canales en tierra con vegetación. Fondo de cantos rodados. Canales en tierra muy erosionados e irregulares. | 1,75 |

Fuente: ROCHA, Arturo. (2007).

ROCHA, Arturo. (2007). Hidráulica de Tuberías y Canales, Hace mención de fórmulas presentadas ha habido desde fines del siglo XIX una cantidad enorme de ellas. Solo a título ilustrativo podemos mencionar las siguientes:

Knauff, quien en realidad presento un conjunto de fórmulas, cada una de las cuales se aplica según la forma de la sección y la naturaleza de las paredes. Utilizo el concepto de rugosidad de Kutter.

Siedek público en Viena en 1901, una nueva fórmula para el cálculo de canales que es en realidad bastante complicado. Al igual que muchas fórmulas de esa época está basada en modificaciones de las ideas de Kutter y Bazin.

Asimismo de pared de un lecho cambia si está sujeto a posibles embaucamientos deformaciones y vegetaciones, variables de una estación a otra: estamos lejos de haber expresado en formulas la asperidad de la pared de la pared de los canales, variable desde un cemento liso hasta una roca.

FÓRMULA DE MANING.

Es la formula cuyo se halla más extendido en la actualidad. Proviene de considerar que en la fórmula de Chezy el coeficiente es:

$$C = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n}$$

En 1889 el ingeniero Irlandés Robert Manning presenta una ecuación para determinar el valor de C, en función al radio hidráulico y la rugosidad del material de que se construya el canal.

La expresión para el sistema inglés es:

$$C = \frac{1.486 R^{\frac{1}{6}}}{n} \quad (1)$$

Para el sistema métrico la expresión de C es:

$$C = \frac{R^{1/6}}{n} \quad (2)$$

Sustituyendo el valor de C de Manning en la ecuación de Chezy.

$$v = c \sqrt{(S \cdot R)}$$

Sustituyendo el valor de C para el sistema métrico tenemos:

$$\begin{aligned} V &= \frac{R^{1/2}}{n} * R^{\frac{1}{2}} * S^{1/2} \\ v &= \frac{R^{\frac{1}{2} + \frac{1}{6}}}{n} * S^{\frac{1}{2}} = \frac{R^{\frac{2}{3}}}{n} * S^{1/2} \\ V &= \frac{\emptyset}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{1/2} \quad (3) \end{aligned}$$

Por la fórmula de continuidad obtendremos:

$$Q = v * A \quad (4)$$

Dónde:

Q = caudal m³/s.

V = velocidad m/s.

A = área m².

Remplazando: (3) en (4) obtenemos:

$$Q = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A$$

Dónde:

Q: caudal.

R: radio hidráulico.

S: pendiente.

A: área hidráulica.

2.2.5 COEFICIENTE DE MANNING "n".

Es un factor de seguridad determinado experimentalmente solo para el agua. La ecuación de Manning con un valor constante de n, es aplicable únicamente a flujos turbulentos completamente rugosos.

Un valor apropiado de "n", es necesario tener un conocimiento cualitativo de los factores que afectan este valor, ya que en muchas situaciones aplicadas, el valor (absoluto) "n", es una función de variables.

Tabla 7. Coeficiente de rugosidad de Manning de acuerdo a Chow.

| Tipo de canal y descripción | Mínimo | Normal | Máximo |
|--|--------|--------|--------|
| A. Conductos cerrados que fluyen con superficie libre | | | |
| 1. Metales | | | |
| a) Latón liso | 0.009 | 0.01 | 0.013 |
| b) Acero | | | |
| 1. Soldado | 0.01 | 0.012 | 0.014 |
| 2. Remachado | 0.013 | 0.016 | 0.017 |
| c) Hierro fundido | | | |
| a. Pintado | 0.01 | 0.013 | 0.014 |
| b. Normal | 0.011 | 0.014 | 0.016 |
| d) Hierro forjado | | | |
| a. Negro | 0.012 | 0.014 | 0.015 |
| b. Galvanizado | 0.013 | 0.016 | 0.017 |
| e) Metal corrugado | | | |
| a. Drenaje | 0.017 | 0.019 | 0.021 |
| b. Drenaje pluvial | 0.021 | 0.024 | 0.03 |
| 2. No metales | | | |
| a) Lucita | 0.008 | 0.009 | 0.01 |
| b) Vidrio | 0.009 | 0.01 | 0.013 |

| | | | |
|---|-------|-------|-------|
| c) Cemento | | | |
| 1. Liso | 0.01 | 0.011 | 0.013 |
| 2. Mortero | 0.011 | 0.013 | 0.015 |
| d) Concreto | | | |
| 1. Alcantarillado recto y libre de | 0.01 | 0.011 | 0.013 |
| Escombros | | | |
| 2. Alcantarillado con curvas, conexiones y algunos escombros | 0.011 | 0.013 | 0.014 |
| 3. Acabados | 0.011 | 0.012 | 0.014 |
| 4. Drenajes rectos con ventanas de inspección, entradas, etc. | 0.013 | 0.015 | 0.017 |
| 5. No acabados, en cimbra de acero | 0.012 | 0.013 | 0.014 |
| 6. No acabados, en cimbra de madera lisa | 0.012 | 0.014 | 0.016 |
| 7. No acabados, en cimbra de madera bruta | 0.015 | 0.017 | 0.02 |
| e) Madera | | | |
| 1. Duela | 0.01 | 0.012 | 0.014 |
| 2. Laminada tratada | 0.015 | 0.017 | 0.02 |
| f) Arcilla | | | |
| 1. Tubos de barro cocido común | 0.011 | 0.013 | 0.017 |
| 2. Tubos de albañal vitrificado | 0.011 | 0.014 | 0.017 |
| 3. Tubos de albañal vitrificado con ventanas de inspección | 0.013 | 0.015 | 0.017 |
| 4. Tubo vitrificado para drenes con juntas abiertas | 0.014 | 0.016 | 0.018 |
| g) Mampostería | | | |
| 1. Barnizada o lacada | 0.011 | 0.013 | 0.015 |
| 2. Acabados con mortero de cemento | 0.012 | 0.015 | 0.017 |
| h) Drenajes sanitarios cubiertos de lama con curvas y conexiones | 0.012 | 0.013 | 0.016 |
| i) Drenaje con fondo liso | 0.016 | 0.019 | 0.02 |
| j) Acabados de cemento rugoso o mampostería de piedra, cementada | 0.018 | 0.025 | 0.03 |

Tabla 8. Valores del coeficiente n de Manning (continuación).

| Tipo de canal y descripción | Mínimo | Normal | Máximo |
|--|--------|--------|--------|
| B. Canales revestidos | | | |
| 1. Metales | | | |
| a) Superficies de acero lisas | | | |
| 1. No pintadas | 0.011 | 0.012 | 0.014 |
| 2. Pintadas | 0.012 | 0.013 | 0.017 |
| b) Corrugadas | 0.021 | 0.025 | 0.03 |
| 2. No metales | | | |
| a) Cemento | | | |
| 1. Superficie lisa | 0.01 | 0.011 | 0.013 |
| 2. En mortero | 0.011 | 0.013 | 0.015 |
| b) Madera | | | |
| 1. Cepillada, plana, no tratada | 0.01 | 0.012 | 0.014 |
| 2. Cepillada, plana, creosotada | 0.011 | 0.012 | 0.015 |
| 3. Sin cepillar | 0.011 | 0.013 | 0.015 |
| 4. Tablones y tejamanil | 0.012 | 0.015 | 0.018 |
| 5. Forrada con papel impermeabilizante | 0.01 | 0.014 | 0.017 |

| | | | |
|---|-------|-------|-------|
| c) Concreto | | | |
| 1. Acabado con llana metálica | 0.011 | 0.013 | 0.015 |
| 2. Acabado con llana de madera | 0.013 | 0.015 | 0.016 |
| 3. Acabado con grava en el fondo | 0.015 | 0.017 | 0.02 |
| 4. Sin pulir | 0.014 | 0.017 | 0.02 |
| 5. Lanzado (guniteado), buena sección | 0.016 | 0.019 | 0.023 |
| 6. Lanzado (guniteado), sección ondular | 0.018 | 0.022 | 0.025 |
| 7. Sobre roca bien excavada | 0.017 | 0.02 | |
| 8. Sobre roca excavado irregular | 0.022 | 0.027 | |
| d) Fondo de concreto acabado con llana de madera y con taludes de: | | | |
| 1. Mampostería cuidada, sobre mortero | 0.015 | 0.017 | 0.02 |
| 2. Mampostería burda, sobre mortero | 0.017 | 0.02 | 0.024 |
| 3. Mampostería junteada y recubierta con mortero | 0.016 | 0.02 | 0.024 |
| 4. Mampostería junteada con mortero | 0.02 | 0.025 | 0.03 |
| 5. Piedra suelta a volteo | 0.02 | 0.03 | 0.035 |
| e) Fondo de grava con lados de: | 0.017 | 0.02 | 0.025 |
| 1. Concreto cimbrado | | | |
| 2. Mampostería sobre mortero | 0.02 | 0.023 | 0.026 |
| 3. Piedra suelta a volteo | 0.023 | 0.033 | 0.036 |
| f) Ladrillo | | | |
| 1. Barnizado o lacado | 0.011 | 0.013 | 0.015 |
| 2. Con mortero de cemento | 0.012 | 0.015 | 0.018 |
| g) Mampostería | | | |
| 1. Junteada con mortero | 0.017 | 0.025 | 0.03 |
| 2. Piedra suelta | 0.023 | 0.032 | 0.035 |
| h) Piedra labrada | 0.013 | 0.015 | 0.017 |
| i) Asfalto | | | |
| 1. Liso | 0.013 | 0.013 | |
| 2. Rugoso | 0.016 | 0.016 | |
| j) Cubierta vegetal | 0.03 | | 0.5 |

Tabla 9. Valores del coeficiente *n* de Manning (continuación).

| Tipo de canal y descripción | Míni mo | Nor mal | Máxi mo |
|--|------------|------------|------------|
| C. Canales excavados o dragados | | | |
| a) En tierra, recto y uniforme | | | |
| 1. Limpio, recientemente terminado | 0.01 6 | 0.01 8 | 0.02 |
| 2. Limpio, después de intemperizado | 0.01 8 | 0.02 2 | 0.025 |
| 3. Con grava, sección uniforme y limpia | 0.02 2 | 0.02 5 | 0.03 |
| 4. Con pastos cortos y alguna maleza | 0.02 2 | 0.02 7 | 0.033 |
| b) En tierra, con curvas y régimen lento | | | |
| 1. Sin vegetación | 0.02 3 | 0.02 5 | 0.03 |
| 2. Pasto y algo de hierba | 0.02 5 | 0.03 | 0.033 |
| 3. Maleza densa o plantas acuáticas en canales profundos | 0.03 | 0.03 | 0.04 |

| | | | |
|--|------|------|-------|
| | | | 5 |
| 4. Fondo de tierra y mampostería o piedra en los lados | 0.02 | 0.03 | 0.035 |
| | 8 | | |
| 5. Fondo pedregoso y maleza en los bordos | 0.02 | 0.03 | 0.04 |
| | 5 | 5 | |
| 6. Fondos con cantos rodados y lados limpios | 0.03 | 0.04 | 0.05 |
| c) Excavado o dragado en línea recta | | | |
| 1. Sin vegetación | 0.02 | 0.02 | 0.033 |
| | 5 | 8 | |
| 2. Pocos arbustos en los bordos | 0.03 | 0.05 | 0.06 |
| | 5 | | |
| d) Cortes en roca | | | |
| 1. Lisos y uniformes | 0.02 | 0.03 | 0.04 |
| | 5 | 5 | |
| 2. Afilados e irregulares | 0.03 | 0.04 | 0.05 |
| | 5 | | |
| e) Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin cortar | | | |
| 1. Maleza densa, tan alta como la profundidad del flujo | 0.05 | 0.08 | 0.12 |
| 2. Fondo limpio, matorrales en los lados | 0.04 | 0.05 | 0.08 |
| 3. Igual al anterior, nivel máximo de flujo | 0.04 | 0.07 | 0.11 |
| | 5 | | |
| 4. Matorrales densos, altos niveles de escurrimiento | 0.08 | 0.1 | 0.14 |
| D. Corrientes naturales | | | |
| D.1 Corrientes menores (ancho de la superficie libre del agua en nivel de creciente < 30m) | | | |
| a) Corrientes en planicies | | | |
| 1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos | 0.02 | 0.03 | 0.033 |
| | 5 | | |
| 2. Igual al anterior pero con más piedras y malezas | 0.03 | 0.03 | 0.04 |
| | | 5 | |
| 3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena | 0.03 | 0.04 | 0.045 |
| | 3 | | |
| 4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras | 0.03 | 0.04 | 0.05 |
| | 5 | 5 | |
| 5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones mas eficientes | 0.04 | 0.04 | 0.055 |
| | | 8 | |
| 6. Igual al 4, pero con más piedras | 0.04 | 0.05 | 0.06 |
| | 5 | | |
| 7. Tramos lentos , con malezas y pozos profundos | 0.05 | 0.07 | 0.08 |
| 8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos | 0.07 | 0.1 | 0.15 |
| | 5 | | |
| b) Corrientes montañosas, sin vegetación en el canal, bancas usualmente empinadas, árboles y matorrales a lo largo de las bancas sumergidas en niveles altos | | | |
| 1. Fondo: gravas, cantos rodados y algunas rocas | 0.03 | 0.04 | 0.05 |
| 2. Fondo: cantos rodados con rocas grandes | 0.04 | 0.05 | 0.07 |

Tabla 10. Valores del coeficiente n de Manning (continuación).

| Tipo de canal y descripción | Míni mo | Nor mal | Máxi mo |
|--|------------|------------|------------|
| D. Corrientes naturales | | | |
| D.2 Planicies de inundación | | | |
| a) Pastizales, sin matorrales | | | |
| 1. Pasto corto | 0.025 | 0.03 | 0.035 |
| 2. Pasto alto | 0.03 | 0.035 | 0.05 |
| b) Áreas cultivadas | | | |
| 1. Sin cultivo | 0.02 | 0.03 | 0.04 |
| 2. Cosecha en tierra labrada y pradera | 0.025 | 0.035 | 0.045 |
| 3. Campos de cultivo maduros | 0.03 | 0.04 | 0.05 |

| | | | |
|---|-------|-------|------|
| c) Matorrales | | | |
| 1. Matorrales dispersos, mucha maleza | 0.035 | 0.05 | 0.07 |
| 2. Pocos matorrales y árboles, en invierno | 0.035 | 0.05 | 0.06 |
| 3. Pocos matorrales y árboles, en verano | 0.04 | 0.06 | 0.08 |
| 4. Mediana a densa población de matorrales, en invierno | 0.045 | 0.07 | 0.11 |
| 5. Mediana a densa población de matorrales, en verano | 0.07 | 0.1 | 0.16 |
| d) Árboles | | | |
| 1. Población densa de sauces, en verano, rectos | 0.11 | 0.15 | 0.2 |
| 2. Terrenos talados con troncos sin retoños | 0.03 | 0.04 | 0.05 |
| 3. Igual al anterior, pero con troncos con una gran cantidad de retoños | 0.05 | 0.06 | 0.08 |
| 4. Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas | 0.08 | 0.1 | 0.12 |
| 5. Igual al anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas | 0.1 | 0.12 | 0.16 |
| D:3 Corrientes mayores (ancho de la superficie libre del agua en nivel de creciente > 30m)* | | | |
| a) Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales | 0.025 | | 0.06 |
| b) Sección irregular y rugosa | 0.035 | | 0.1 |

(* De acuerdo a Chow "el valor de n es menor que el correspondiente a corrientes.")

TE CHOW, Ven. (1994).

2.2.5.1 FACTORES QUE AFECTAN EL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING.

Rocha A. (2008, P 162). Presenta la discusión de los valores del coeficiente de rugosidad "n" al emplearse en las fórmulas de Manning. Las tablas consideran los valores usuales del coeficiente n para condiciones que podríamos llamar normales. Sin embargo, lo normal es que un canal tenga uno o varios problemas que a continuación se señalan y se modifican el valor original que podía haberse asignado a "n".

El coeficiente "n" depende, pues, esencial, pero no exclusivamente de la aspereza de la superficie También interviene lo siguiente.

- Curvas.** No es correcto considerar el coeficiente de rugosidad, que estrictamente es un coeficiente de resistencia, como independiente del lineamiento del canal, la presencia de curvas aumenta la resistencia. Especialmente si estas son numerosas y de pequeño radio de curvatura.
- Vegetación.** Es particularmente importante en canales pequeños. Crecimiento puede alterar esencialmente los valores supuestos en base únicamente a la rugosidad. Es frecuente en canales en tierra. Su crecimiento desmedido puede dar lugar fácilmente a aumentos del orden del 50 % en el valor de "n".
- Irregularidades.** Los canales en tierra se caracterizan por tener una sección transversal invariable. Las pequeñas irregularidades que pueden ocurrir como

consecuencia de bancos, depósitos de sedimentos, etc. Alteran el valor de la rugosidad supuesta. Esto se agrava cuando el canal tiene transporte sólido, que motiva una configuración variable del lecho."

- d. **Tirante.** En general al aumentar el tirante se tendrá, de acuerdo a la teoría, que la rugosidad relativa disminuye y por lo tanto también y por lo tanto debe disminuir el coeficiente "n".

2.2.6 ANÁLISIS FÍSICO SOBRE LA RUGOSIDAD Y LAS FORMAS DE FONDO.

La relación entre la potencia de la corriente y el diámetro medio de caída de las partículas que conforman el fondo, es de gran utilidad para predecir las formas de fondo que puedan encontrarse en un cauce cuando estas características sean conocidas.

Tabla 11. Coeficientes de rugosidad de Manning.

| Superficie | n | | | | | |
|----------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | Mínimo | Medio | Máximo | | | |
| | m ^{1/6} | ft ^{1/6} | m ^{1/6} | ft ^{1/6} | m ^{1/6} | ft ^{1/6} |
| Tubos | | | | | | |
| Plástico | 0,025 | 0,030 | 0,030 | 0,037 | 0,040 | 0,050 |
| Acero | 0,030 | 0,037 | 0,040 | 0,050 | 0,055 | 0,068 |
| Metal corrugado | 0,040 | 0,050 | 0,065 | 0,080 | 0,095 | 0,115 |
| Concreto | 0,035 | 0,043 | 0,045 | 0,055 | 0,060 | 0,075 |
| Arcilla | 0,035 | 0,043 | 0,045 | 0,055 | 0,055 | 0,068 |
| Canales | | | | | | |
| Cemento | 0,030 | 0,037 | 0,040 | 0,050 | 0,050 | 0,062 |
| Concreto | 0,035 | 0,043 | 0,050 | 0,060 | 0,075 | 0,090 |
| Asfaltados | 0,040 | 0,050 | 0,045 | 0,055 | 0,050 | 0,062 |
| Mampostería | 0,050 | 0,062 | 0,070 | 0,085 | 0,110 | 0,135 |
| Arena o grava | 0,050 | 0,062 | 0,075 | 0,090 | 0,110 | 0,135 |

Fuente: Chie, Yen Ben. (1992).

Cuando se tiene un fondo plano sin movimiento, la resistencia al flujo equivale a la de un contorno fijo. Si se da el caso de que es un lecho arenoso, el coeficiente n de Manning puede calcularse por la fórmula de Strickler.

$n = 0.015 (d_{50})^{1/6}$, donde: d_{50} es el diámetro en mm correspondiente al 50% del material que pasa expresado en peso. Igualmente se puede utilizar la fórmula: Donde d_{90} es el diámetro en metros correspondiente al 90% del material que pasa, expresado en peso.

La siguiente tabla es una buena herramienta para determinar el coeficiente de rugosidad de Manning, n, de acuerdo con la zona de flujo y la forma de fondo.

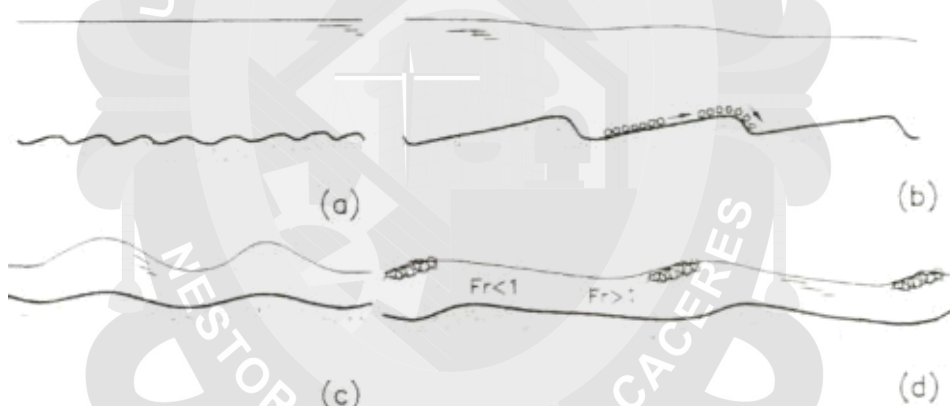
Tabla 12. Relación entre las formas de fondo y el coeficiente de rugosidad n de Manning, de acuerdo con la zona de flujo.

| ZONA DE FLUJO | FORMA DE FONDO | n DE MANNING | |
|---------------|----------------------|--------------|--------|
| | | MÍNIMO | MÁXIMO |
| INFERIOR | RIZOS | 0.018 | 0.028 |
| | RIZOS SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 |
| | DUNAS | 0.02 | 0.04 |
| SUPERIOR | FONDO PLANO | 0.01 | 0.013 |
| | ANTINUNAS | 0.01 | 0.015 |
| | ESTACIONARIAS | 0.012 | 0.012 |
| | ANTIDUNAS ROMPIENTES | 0.018 | 0.035 |
| | POZOS Y RÁPIDOS | 0.018 | 0.035 |

Fuente: RODRIGUEZ DIAZ, Héctor Alfonso. (2010).

De observaciones en cauces naturales con lechos de arena fina a media, se pudo concluir que cada vez que se pasaban grandes caudales la resistencia al flujo disminuía. De allí que se recomienda utilizar, de la tabla anterior, los valores mínimos para los caudales de crecida y los valores máximos para los caudales pequeños. (Richardson 1975).

Figura 6. Formas de fondo: a) Dunas, b) Antidunas, c) Rápidos y d) Pozos.



Fuente: JIMÉNEZ PUIG, Patricia. (2006).

2.2.7 FÓRMULA DE MEYER-PETER Y MUELLER (COEFICIENTES DE RUGOSIDAD DE STRICKLER).

MEYER-PETER (1883-1969) fue director del antiguo Laboratorio de Hidráulica del Politécnico de Zurich (VAWE). En este laboratorio se han realizado durante muchos años importantes investigaciones y estudios en modelo hidráulico sobre diversos problemas de transporte sólido en ríos de fuerte pendiente, entre ellos, varios para el Perú. Fue en este laboratorio donde H.A. EINSTEIN realizó sus primeras investigaciones sobre transporte sólido, que luego continuó en Estados Unidos de Norteamérica.

Los trabajos de MEYER-PETER se iniciaron en 1932. Intervinieron numerosos investigadores, entre ellos, H.A. EINSTEIN, F. BRAENDLE, E. ESCHER, E. ROETHLISBERGER, E. MUELLER, J. MORF, E. BISAZ. Los resultados parciales fueron

publicados sucesivamente, hasta que en 1948 con ocasión del Congreso Mundial de la Asociación Internacional de Investigaciones Hidráulicas (I.A.H.R.) fue dada a conocer la fórmula en su versión final.

Las experiencias de MEYER-PETER se realizaron en un canal de laboratorio. La primera serie de ensayos se efectuó con partículas de diámetro uniforme y peso específico natural (2,68 t/m). MEYER-PETER determinó la existencia de dos parámetros:

$$\frac{q_s^{2/3} S}{d} \text{ y } \frac{t_F^{2/3}}{d}$$

Y obtuvo las siguientes ecuaciones.

$$\frac{q_s^{2/3} S}{d} = a + b \frac{t_F^{2/3}}{d}$$

$$\frac{q_s^{2/3} S}{d} = a + b' \frac{t_F''^{2/3}}{d}$$

Dónde:

q_s : es la parte del gasto específico que determina el transporte sólido de fondo.

S : es la pendiente de la línea de energía.

t_F : es el gasto sólido específico (pesado en seco).

t_F'' : es el gasto sólido específico (pesado bajo agua).

d : es el diámetro de las partículas de fondo.

Si q_s está en kg/m/s, t_F en kg/m/s y d en metros, entonces el valor de a es 17, el valor de b es de 0,4 y el de b' es 0,547.

Todas las pruebas realizadas para la obtención de estas fórmulas tuvieron igual duración y correspondían a una situación de equilibrio del transporte sólido. MEYER-PETER introdujo el concepto de q_s , como la parte del gasto que determina el transporte sólido del fondo.

Cuando MEYER-PETER realizó sus experiencias tuvo en cuenta que la rugosidad de las paredes K_w y la del fondo K_s del canal eran diferentes y que una parte del gasto líquido, a la que denominamos Q_s , transformará su energía al friccionar con el fondo y otra parte lo hará sobre las paredes. Esta última parte del gasto no tendrá influencia sobre el transporte de material de fondo.

Para el cálculo de K_s MEYER-PETER propuso la fórmula siguiente:

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

b es el ancho del canal, K_m es el coeficiente de resistencia resultante de aplicar la fórmula de STRICKLER a toda la sección del canal, al que hemos venido designando como K , y y es el tirante, K_w es la rugosidad de las paredes y K_s es la rugosidad de fondo.

K_r es la parte del coeficiente de STRICKLER que se refiere a rugosidad originada por las partículas constituyentes del fondo; depende de su diámetro, a diferencia de K_s que describe toda la rugosidad del lecho incluyendo las fases. K_r es, pues, una microrrugosidad y K_s es una macrorrugosidad. Generalmente se considera que:

$$K_r = \frac{26}{d_{90}^{1/6}}$$

Se da, pues, una gran importancia a las partículas más gruesas para definir la rugosidad del fondo. MEYER-PETER señala que el diámetro medio de la capa superficial del lecho de un río es aproximadamente igual al d_{90} de todo el lecho.

Según otros autores (STRICKLER) deberá considerarse:

$$K_r = \frac{21}{d_{50}^{1/6}} \quad \text{o} \quad K_r = \frac{19}{d_{40}^{1/6}}$$

A la Relación:

$$\left(\frac{K_s}{K_r} \right)^{3/2}$$

2.2.8 FASES DEL TRANSPORTE SÓLIDO.

Para un flujo de velocidad gradualmente creciente se tiene que la configuración del fondo es variable y pasa por varios estados que son función de la velocidad media del flujo. Dichos estados, tal como se ve en la Figura 6.6, son los siguientes:

Fondo Plano: Es una etapa inicial que corresponde a una velocidad pequeña. Se observa movimientos aislados e intermitentes de las partículas más gruesas constituyentes del fondo; las más pequeñas entran eventualmente en suspensión.

Rizos: Al incrementarse la velocidad aparecen en el fondo ondulaciones de pequeña amplitud. Hay un aumento de resistencia. (Aumento del coeficiente de MANNING y disminución del de CHEZY). El Número de Froude es menor que 1.

Dunas: La fase siguiente representa un cambio en la forma de los rizos. Adquieren hacia aguas arriba una pendiente suave en la que se produce erosión y hacia aguas abajo una pendiente fuerte que es igual a la tangente del ángulo de reposo. Hay un aumento de la resistencia. Eventualmente las dunas pueden alargarse hasta concentrarse en barras. El Número de Froude es menor que 1.

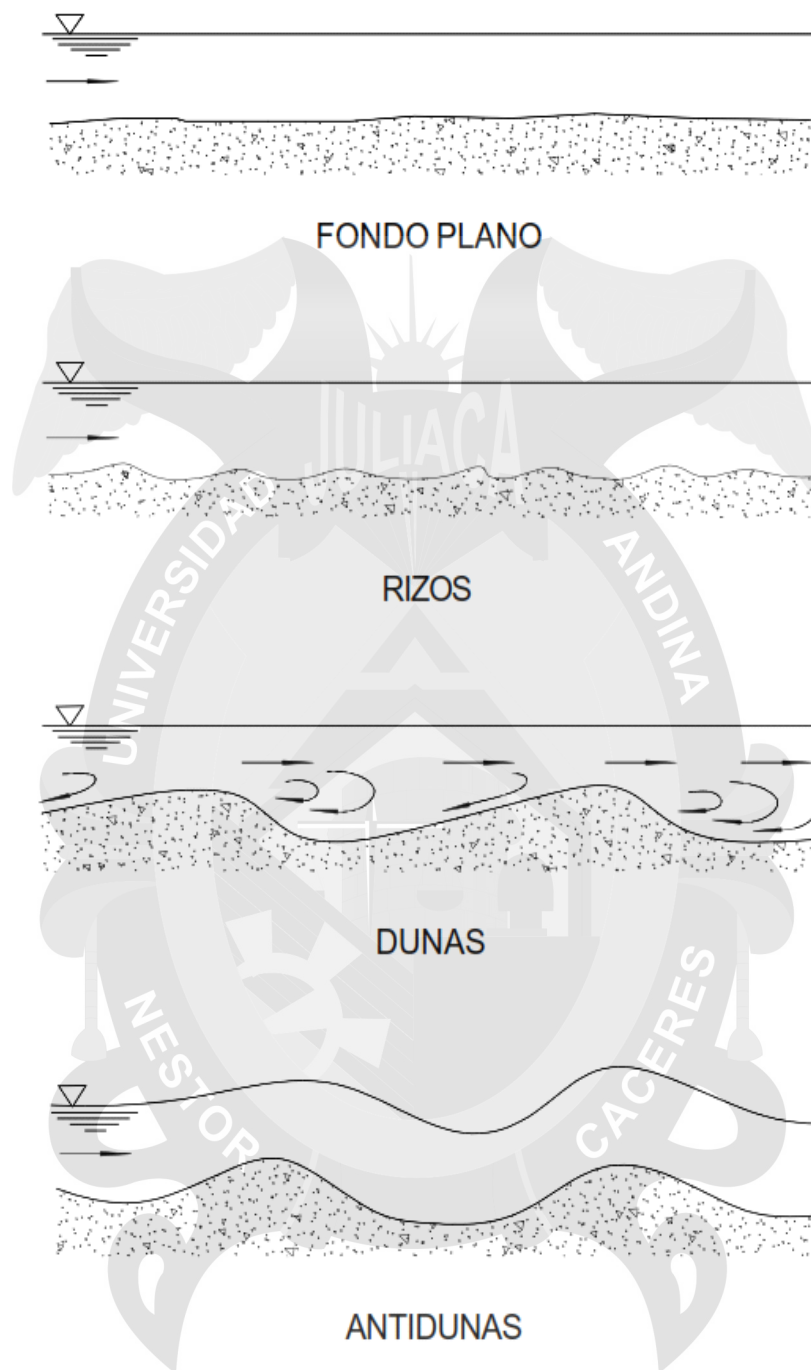
Antidunas: Representan una inversión de las dunas. Suelen ser más simétricas. El Número de Froude es mayor que 1.

Fondo Plano. Aparece nuevamente para altas velocidades.

Los rizos y las dunas se distinguen entre sí por su tamaño. Se mueven en la dirección de la corriente, pero con una velocidad menor que la del flujo. No producen perturbaciones en la superficie libre. En cambio las antidunas pueden moverse en cualquier dirección o ser estacionarias. Producen perturbación en la superficie libre del escurrimiento.

Aunque no se muestra en la figura ocurre que entre las fases de dunas y antidunas puede presentarse nuevamente un fondo plano.

Figura 7. Fases del transporte del Sólido.



Fuente: ROCHA, Arturo. (2007).

Estas fases pueden describirse de acuerdo con diferentes parámetros adimensionales. Presentamos acá los que fueron establecidos por LIU, ALBERTSON, RICHARDSON y otros. Dichos parámetros son:

- **V^*/w :** Número de Movilidad: Que representa la relación entre la velocidad de corte y la velocidad de caída de las partículas en aguas tranquilas.

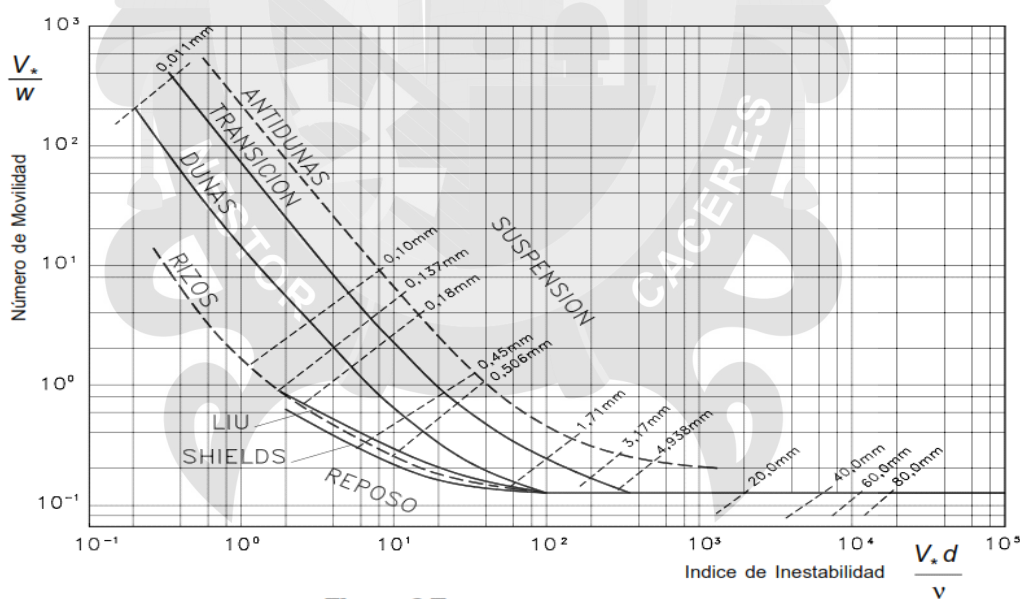
- **V^*d/v :** Índice de Inestabilidad: Que representa la relación entre la velocidad de corte, el diámetro de la partícula y la viscosidad cinemática del agua.
- **d/δ :** Que representa la relación entre el diámetro de la partícula y el espesor de la subcapa laminar. Se observa que guarda correspondencia con el Índice de Inestabilidad.

Estas fases del transporte sólido de fondo se presentan cuando en el lecho predomina el material fino. En el caso de los torrentes que llevan material relativamente grueso no quedan definidas las fases mencionadas. Se considera que normalmente los rizos sólo se forman para materiales muy finos ($d < 0,6 \text{ mm}$).

Se ha comprobado que la formación de rizos representa rugosidad adicional. Así, para el río Luznice, se observó que la formación de rizos determinó que el coeficiente n de KUTTER pasara de 0,0165 a 0,0334.

En algunos casos puede presentarse la llamada rugosidad múltiple. Ocurre cuando se tienen simultáneamente, en dos o más partes del fondo, fases diferentes.

Figura 8. Fases de Transporte.



Fuente: ROCHA, Arturo. (2007).

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.

Sección transversal.- Sección del canal.

Canales artificial.- Son aquellos contruidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano.

Canales Naturales.- Son todas aquellas que existen de manera natural en la tierra como quebradas, arroyos, ríos etc.

Rugosidad.- Es la resistencia al flujo en el canal.

Flujo.- Ee refiere al movimiento de fluidos, especialmente agua, con presencia de una superficie libre.

Ecuación de continuidad.- Cuando el caudal es constante en un tramo, la ecuación que gobierna el flujo desde el punto de vista de la conservación de la masa.

Velocidad Media.- La velocidad media en un canal, varia de un rango cuyos límites son las velocidades mínimas que no produzca depósitos de materiales sólidos en suspensión (sedimentación), y la máxima que no produzca erosión en las paredes y el fondo del canal.

R.- Radio Hidráulica de un canal.

A.- Área de la sección Transversal.

b.- Ancho de solera del canal.

Perímetro mojado (Pm).- Longitud del contorno en contacto con el agua.

Ancho de la superficie (T).- Es el ancho de la superficie libre del fluido.

Profundidad (Y).- Es la distancia vertical medida desde el punto más bajo de la sección transversal del canal y la superficie libre del flujo.

Fluido.- Es una sustancia que se deforma continuamente cuando se somete a un esfuerzo cortante, sin importar que tan pequeño sea ese esfuerzo cortante.

Fuerza cortante.- Es la componente de fuerza tangente a una superficie y esta fuerza dividida por el área de la superficie es el cortante promedio sobre dicha superficie.

Área hidráulica Optimo.- Es el área hidráulica con el menor perímetro mojado que conduce el caudal máximo.

Arena.- El origen y la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas: las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito. La arena de río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y arcilla. Las arenas estando limpias no se contraen al secarse, no son plásticas, son mucho menos compresibles que la arcilla y si se aplica una carga en su superficie, se comprimen casi de manera instantánea.

Caudal.- Volumen de fluido que circula en un tiempo determinado. Unidades: m^3/min , cm^3/min , l/min , gpm .

Hidráulica.- Ciencia de la ingeniería que estudia los fluidos. El uso de un fluido bajo presión controlada para realizar un trabajo.

Líquido.- Sustancia con la capacidad de adoptar cualquier forma.

Velocidad.- Es la rapidez de movimiento del flujo en la línea.

Viscosidad.- Es una medida de la fricción interna o de la resistencia que presenta el fluido al pasar por un conducto.

CAPÍTULO III: PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN:

En este capítulo se exponen los fundamentos que justifican la decisión de utilizar un enfoque mixto de investigación debido a que se cuenta con enfoques cuantitativos ya que tendremos las variables representadas en las diferentes velocidades que hallaremos en el canal de pendiente variable y obviamente los resultados que tenemos que encontrar que son los coeficientes de Manning (n) en el caso de la micro rugosidad y el tipo de macro rugosidad que presenta las diferentes muestras; mientras que el enfoque cualitativo se da en las condiciones que se encontró el material, como que se extrajo en época de estiaje, son materiales de terrazas fluviales y que la investigación solo se está enfocando en arenas; también se da un aporte a la ingeniería debido a que estos valores servirán para uso en el altiplano peruano en sus diferentes obras hidráulicas.

3.2 DISEÑO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN:

La presente investigación presenta un diseño experimental, mientras para el enfoque cuantitativo presenta un nivel Relacional ya que la investigación cuenta con factores numéricos como coeficientes de tablas y coeficientes a calcular en el canal; y para el enfoque cualitativo cuenta con un nivel aplicativo debido a que se quiere mejorar los coeficientes de rugosidad para aplicarlos en el altiplano peruano.

3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN:

La tesis de investigación se encuentra en una investigación deductiva ya que una vez obtenido los resultados que se realizarán en el canal de pendiente variable en laboratorio tendremos los coeficientes reales en lo que respecta a tipo regional teniendo una

aplicación para las obras hidráulicas en el altiplano peruano y viendo la variación que se produce con los coeficientes de rugosidad de Manning (n) en arenas de manera teórica.

3.4 MÉTODOS APLICADOS A LA INVESTIGACIÓN:

3.4.1 MÉTODO ANALÍTICO.

La presente tesis muestra un método analítico debido a que se necesitan varios valores para que esta pueda llegar a un resultado se descomponen principalmente los valores que se utilizarán en la Ecuación de Manning.

3.4.2 MÉTODO DE OBSERVACIÓN EXPERIMENTAL.

La tesis se realizó mediante este método debido a que nos tenemos que hacer preguntas y encontrar resultados individuales y generales los cuales se encontrarán en la investigación.

Los factores que se necesitan considerar son de orden objetivo, ya que los ensayos que se harán en el canal de pendiente variable se tienen que encontrar resultados con fórmulas y variables a utilizar.

3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA:

3.5.1 POBLACIÓN.

La población para la presente investigación es Infinita ya que existe un número ilimitado de canales naturales que tengan como composición arenas en diferentes diámetros.

3.5.2 MUESTRA.

Cálculo de muestras en poblaciones:

$$n = \frac{p \times q \times Z^2}{e^2}$$

Dónde:

n = Tamaño de muestra.

p = Probabilidad a favor.

q = Probabilidad en contra.

Z = Nivel de confianza. (Z=1.96).

e = Error deseado. (Error máximo recomendado 7%).

Reemplazando valores se tiene lo siguiente:

$$n = \frac{0.98 \times 0.02 \times 1.96^2}{0.07^2}$$

$$n = 15.3664 \approx 15.00$$

Se propone la evaluación de 15 canales de irrigación rectangular ubicadas en la región de Puno.

3.6 TÉCNICAS, FUENTES E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS:

- Datos obtenidos directamente en laboratorio y en campo.
- Investigaciones Relacionadas al tema.
- Monografías.
- Publicaciones (revistas, artículos, ponencias, etc.).
- Información de Internet.
- Fotografías.

3.7 VALIDÉZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO:

3.7.1 EQUIPAMIENTO DEL MODELO FÍSICO.

Canal de Pendiente Variable de la UANCV.

El equipamiento experimental utilizado en el Laboratorio de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez consiste en un canal de Pendiente Variable el cual a sido adquirida de La Empresa Didacta Italia el año 2,005, siendo el modelo H91.8D/15 m, este canal de pendiente variable tiene una longitud de 15 m, un ancho de canal de 0.30 m y una altura de canal 0.50 m, las pendientes se pueden ajustar hasta +3 grados y -0,5 grados.

Las paredes laterales del canal son de vidrio para mayor visibilidad pero su fondo es de plancha de acero inoxidable.

El canal está compuesto por cinco partes, las cuales se describen a continuación:

1.- Tanque de Almacenamiento y Bomba de Impulsión.

Este tanque está construido en acero inoxidable, con dimensiones de 4 m. x 2.5 m. x 1.2 m.; cuya capacidad es de 8.0 m³, (Fotografía 1).

El tanque almacena el agua el cual va a ser bombeado al canal y luego de pasar por este, es nuevamente recogido formándose un ciclo cerrado de flujo.

En proximidad al tanque está colocada una electrobomba centrífuga con válvula mariposa la cual permite el control del flujo, así mismo existe un manómetro que mide presiones negativas que puedan producir cavitación en la bomba.

Las características de la Bomba son:

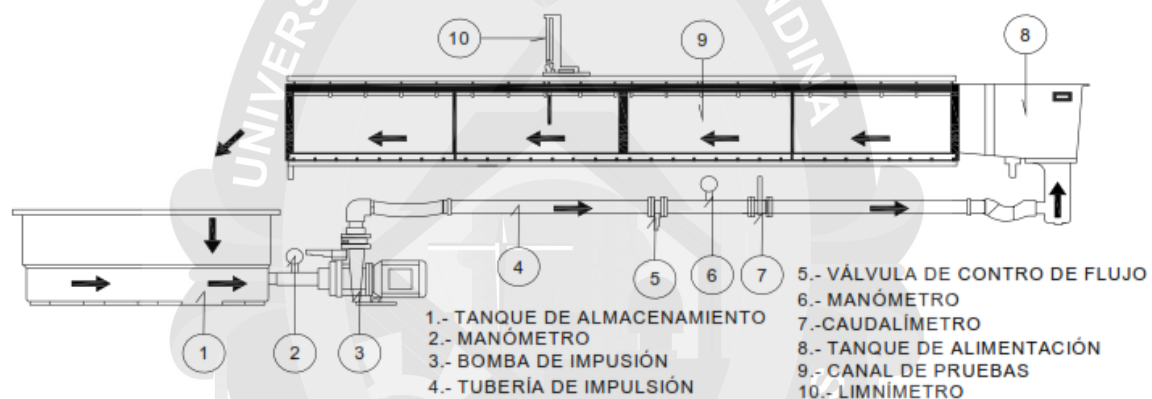
Marca: Calpeda, fabricado en Italia.

Potencia: 7.5 HP.

Q max./min. = 150/15 m³/hora. (41.67 /4.17 l/s).

H max./min. = 15.2/6 m.

Figura 9. Esquema del canal de pendiente variable modelo Didacta-Italia.



Fuente: Martínez Ramos, Hernán Pedro. (2011).

2.- Tubería de Impulsión y Caudalímetro.

La tubería de impulsión es de acero inoxidable de 100 mm de diámetro el cual conduce el agua del tanque de alimentación del canal.

En esta tubería de impulsión se encuentra instalado el caudalímetro (Fotografía 2), el cual en su interior consta de un diafragma con un orificio, y la lectura del canal se realiza en un tubo transparente indicado por el nivel de agua.

Fotografía 1. Tanque de almacenamiento.



Fotografía 2. Caudalímetro y válvula de regulación de caudal (UANCV).



3.- Tanque de Alimentación del Canal.

Está ubicado antes del canal de prueba y conectado directamente con éste; cuenta con una compuerta y una malla de acero inoxidable a la salida de este, lo cual permite alimentar el canal sin turbulencias que perturbarían las pruebas.

4.- Canal de Prueba.

La sección de prueba y tanque de descarga tiene la posibilidad de ser inclinada de hasta +3 grados y -0,5 grados, con un mecanismo de manivelas accionado por un motor que permite variar en continuo dicha inclinación.

Donde termina la sección de prueba ha sido prevista una compuerta accionable manualmente, que permite variar el nivel del agua en el interior del canal.

5.- Control de Mandos.

Está colocado en posición fuera del canal y está instalado sobre un bastidor de soporte. (Fotografía 3)

En el cuadro están alojados los mandos de inicio y parada de la bomba centrífuga y del motor de control de pendiente y el interruptor general.

Fotografía 3. Canal de Prueba y control de mandos (UANCV).



3.7.2 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO:

El proyecto de investigación se realizó teniendo en cuenta los parámetros de la investigación experimental. "La investigación experimental consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular. Se trata de un experimento porque precisamente el investigador provoca una situación para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esa variable, y su efecto en las conductas observadas. El investigador maneja deliberadamente la variable

experimental y luego observa lo que sucede en situaciones controladas (VAN DALEN, Debold B. y J. MEYER William, 2008).

La metodología para establecer los coeficientes de rugosidad está dada básicamente por el tipo de material, y una leve variación en la velocidad y la pendiente longitudinal del canal. Por esta razón a continuación se presentan las fases que se siguieron para la realización del proyecto:

Fase 1: Descripción del modelo físico existente.

Se tomó el canal de pendiente variable de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez en el laboratorio de hidráulica de la ciudad de Juliaca. En el fondo del canal se colocaron uno a uno los diferentes materiales para realizar los respectivos ensayos.

Fase 2: Ensayos de laboratorio.

Se realizaron ensayos de laboratorio para cada una de las superficies elegidas, a los velocidades se les analizó su coeficiente de rugosidad. A cada material se le hizo medición de velocidades con correntometro, medición de pendientes, profundidades y se cambió nuevamente de material el fondo del canal. Para estos ensayos de laboratorio se manejó temperatura ambiente (18° - 22°C), agua potable con una densidad 998.4 Kg/m^3 .

Una vez se tiene el modelo se plantearon los siguientes ensayos así:

Tabla 13. Variables.

| VARIABLES | MATERIAL | VELOCIDAD | PENDIENTE | ALTURA DE AGUA |
|--------------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|
| NOMENCLATURA | A1, A2, A3, A4, A5. | V1, V2, V3, V4, V5. | S1, S2, S3, S4, S5, S6. | Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6. |

Fuente. Propia.

Duración ensayos:

Se realizaron 4 pruebas en dos semanas cada una de 5 horas de toma de datos, para así cubrir todas las superficies en las semanas. Para cada superficie iniciamos encendiendo la motobomba, esperamos unos minutos que el flujo se estabilice, esto genera un flujo uniforme, alineamos el canal según la pendiente que se quiere trabajar, procedemos a lecturar el correntómetro con un promedio de velocidades, y para cada material se tomó 6 pendientes y velocidades diferentes, así se completan los esquemas planteados.

Realización de los ensayos:

Para cada una de las superficies colocadas en el canal, se realizaron ensayos de laboratorio donde según los diagramas de flujo propuestos, se hizo el análisis correspondiente a cada una de las variables, para después comparar los resultados obtenidos del coeficiente de rugosidad de cada superficie del material con las tablas encontradas y calculadas por Manning.

3.8 PLAN DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS:**3.8.1 RECOLECCION DE MATERIAL:**

El material que se analizó son arenas para lo cual se recolectó de 2 ríos; el primero se obtuvo de la cantera del río llave para lo cual se trajo un promedio de 20 Kg. y el segundo material se extrajo de la cantera del río Laraqueri también se trajo un promedio de 20 Kg.

3.8.1.1 Características de la cantera del río llave:

Cantera : Cantera llave (Balsave).
Ubicación : Km. 1314+700, al lado izquierdo de la vía.
Acceso : 2,000 m.
Tipo de Material : de río.
Área Explotable : 33,117.170 m².
Vol. Bruto Explotable : 49,675.755 m³.
Potencial Neto : 47,000 m³.
Periodo de Explotación: Época de Estiaje.

3.8.1.2 Características de la cantera del río Laraqueri:

Cantera : Cantera Laraqueri.
Ubicación : Km. 39+300 de la Carretera Puno – Moquegua, al lado
Izquierdo de la vía.
Acceso : 720 m.
Tipo de Material : de río.
Área Explotable : 42,057.304 m².

Vol. Bruto Explotable : 63,085.956 m³.

Potencial Neto : 56,000 m³.

Periodo de Explotación: Época de Estiaje.

Fotografía 4. Extracción de arena de las laderas.



Fotografía 5. Separación de material en bolsas.



3.8.2 TAMIZADO Y GRANULOMETRÍA:

Se tomó las muestras y se hizo el pesaje y tamizado respectivo tanto para la arena del río llave como para la arena del río Laraqueri; para los cuales se utilizó los siguientes números de tamices:

Tabla 14. Número y abertura de los tamices.

| Nº TAMIZ | ABERT. TAMIZ (mm) |
|----------|-------------------------|
| 3" | 76.200 |
| 2 1/2" | 63.500 |
| 2" | 50.800 |
| 1 1/2" | 38.100 |
| 1" | 25.400 |
| 3/4" | 19.050 |
| 1/2" | 12.700 |
| 3/8" | 9.525 |
| 1/4" | 6.350 |
| Nº 4 | 4.760 |
| Nº 6 | 3.360 |
| Nº 8 | 2.380 |
| Nº 10 | 2.000 |
| Nº 16 | 1.190 |
| Nº 20 | 0.840 |
| Nº 30 | 0.590 |
| Nº 40 | 0.426 |
| Nº 60 | 0.250 |
| Nº 80 | 0.177 |
| Nº 100 | 0.149 |
| Nº 200 | 0.074 |
| -200 | |

Fotografía 6. Tamices que se utilizaron para la granulometría.



Fotografía 7. Clasificación de arenas por tamaño de granos.



También se hizo el pesaje del peso retenido correspondiente tanto del material de la cantera del río llave como de la cantera del río Laraqueri para así poder obtener la curva granulométrica.

Fotografía 8. Cálculo de peso retenido en ambas muestras.



Fotografía 9. Extracción del material de cada tamíz para su pesaje.



3.8.2.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO.

CANTERA DEL RÍO ILAVE:

Tabla 15. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107 - ASTM D 422).

| Nº TAMI Z | ABER T. TAMI Z (mm) | PESO RETENID O | % RET. PARCIA L | % RET. ACUMU L. | % QUE PAS A | ESPECIFICACIO N | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|--------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|------------------------------|
| 3" | 76.200 | | | 0.00 | 100.0 | | Peso : 704 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Limite : -- |
| 2" | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Limite : -- |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Limite : -- |
| 1" | 25.400 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Limite : -- |
| 3/4" | 19.050 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Limite : -- |
| 1/2" | 12.700 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Limite : -- |
| 3/8" | 9.525 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Limite : -- |
| 1/4" | 6.350 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Limite : -- |
| Nº 4 | 4.760 | 13.30 | 1.89 | 1.89 | 98.11 | | Limite : -- |
| Nº 6 | 3.360 | | 0.00 | 1.89 | 98.11 | | Limite : -- |
| Nº 8 | 2.380 | 15.60 | 2.21 | 4.10 | 95.90 | | Limite : -- |
| Nº 10 | 2.000 | 8.60 | 1.22 | 5.32 | 94.68 | | Limite : -- |
| Nº 16 | 1.190 | | 0.00 | 5.32 | 94.68 | | Limite : -- |
| Nº 20 | 0.840 | 54.90 | 7.79 | 13.12 | 86.88 | | Limite : -- |
| Nº 30 | 0.590 | | 0.00 | 13.12 | 86.88 | | Limite : -- |
| Nº 40 | 0.426 | 316.30 | 44.91 | 58.03 | 41.97 | | Limite : -- |
| Nº 60 | 0.250 | 189.40 | 26.89 | 84.92 | 15.08 | | Limite : -- |
| Nº 80 | 0.177 | | 0.00 | 84.92 | 15.08 | | Limite : -- |
| Nº 100 | 0.149 | 71.00 | 10.08 | 95.00 | 5.00 | | Limite : -- |
| Nº 200 | 0.074 | 32.20 | 4.57 | 99.57 | 0.43 | | Limite : -- |
| -200 | | 3.00 | 0.43 | 100.00 | 0.00 | | Limite : -- |

Observaciones :

Gráfico 1. Curva granulométrica de la cantera del río Ilave.

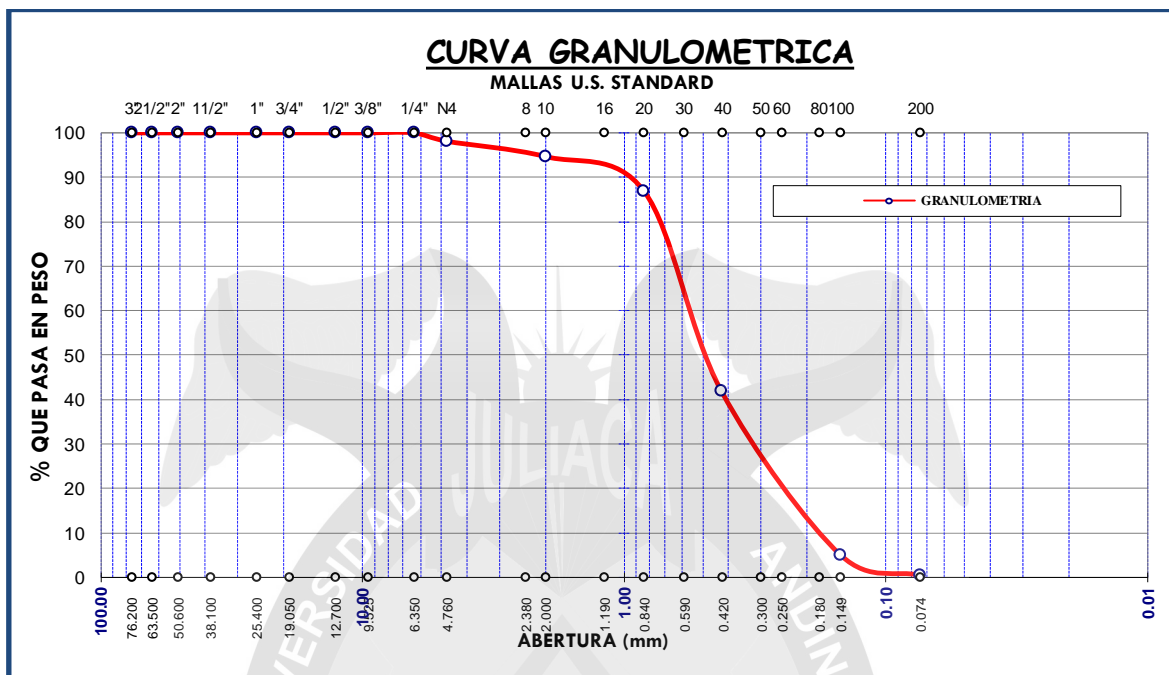


Tabla 16. Obención de D_u (coeficiente de uniformidad) y C_c (coeficiente de curvatura).

| Arena Ilave | |
|-------------------|------------|
| D ₆₅ = | 0.51009731 |
| D ₁₀ = | 0.16289352 |
| D ₃₀ = | 0.34765491 |
| D ₆₀ = | 0.49183851 |
| D ₉₀ = | 0.98006375 |
| D ₅₀ = | 0.4553209 |
| Cu | 3.01938656 |
| Cc | 1.50858712 |

CANTERA LARAQUERI:

Material Grueso:

Tabla 17. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107 - ASTM D 422).

| Nº TAMIZ | ABERT. TAMIZ (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|-------------------|---------------|----------------|----------------|------------|----------------|--------------------------------|
| 3" | 76.200 | | | 0.00 | 100.00 | | Peso Inicial : 861 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | LIMITES DE ATTERBERG |
| 2" | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | Limite Liquido : -- |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | Limite Plastico : -- |
| 1" | 25.400 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | Indice Plastico : -- |
| 3/4" | 19.050 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | |
| 1/2" | 12.700 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | CLASIFICACION DEL SUELO |
| 3/8" | 9.525 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | AASHTO : A-1-b (0) |
| 1/4" | 6.350 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | SUCS : SP |
| Nº 4 | 4.760 | 93.80 | 10.89 | 10.89 | 89.11 | | |
| Nº 6 | 3.360 | | 0.00 | 10.89 | 89.11 | | % de Grava : 10.89 % |
| Nº 8 | 2.380 | 125.10 | 14.52 | 25.41 | 74.59 | | % de Arena : 88.43 % |
| Nº 10 | 2.000 | 55.40 | 6.43 | 31.84 | 68.16 | | % Pasa Nº 200 : 0.68 % |
| Nº 16 | 1.190 | | 0.00 | 31.84 | 68.16 | | |
| Nº 20 | 0.840 | 183.40 | 21.29 | 53.13 | 46.87 | | |
| Nº 30 | 0.590 | | 0.00 | 53.13 | 46.87 | | |
| Nº 40 | 0.426 | 290.60 | 33.74 | 86.87 | 13.13 | | |
| Nº 60 | 0.250 | 70.80 | 8.22 | 95.09 | 4.91 | | Observaciones : |
| Nº 80 | 0.177 | | 0.00 | 95.09 | 4.91 | | |
| Nº 100 | 0.149 | 23.40 | 2.72 | 97.81 | 2.19 | | |
| Nº 200 | 0.074 | 13.00 | 1.51 | 99.32 | 0.68 | | |
| -200 | | 5.90 | 0.68 | 100.00 | 0.00 | | |

Gráfico 2 Curva granulométrica de la cantera Laraqueri.

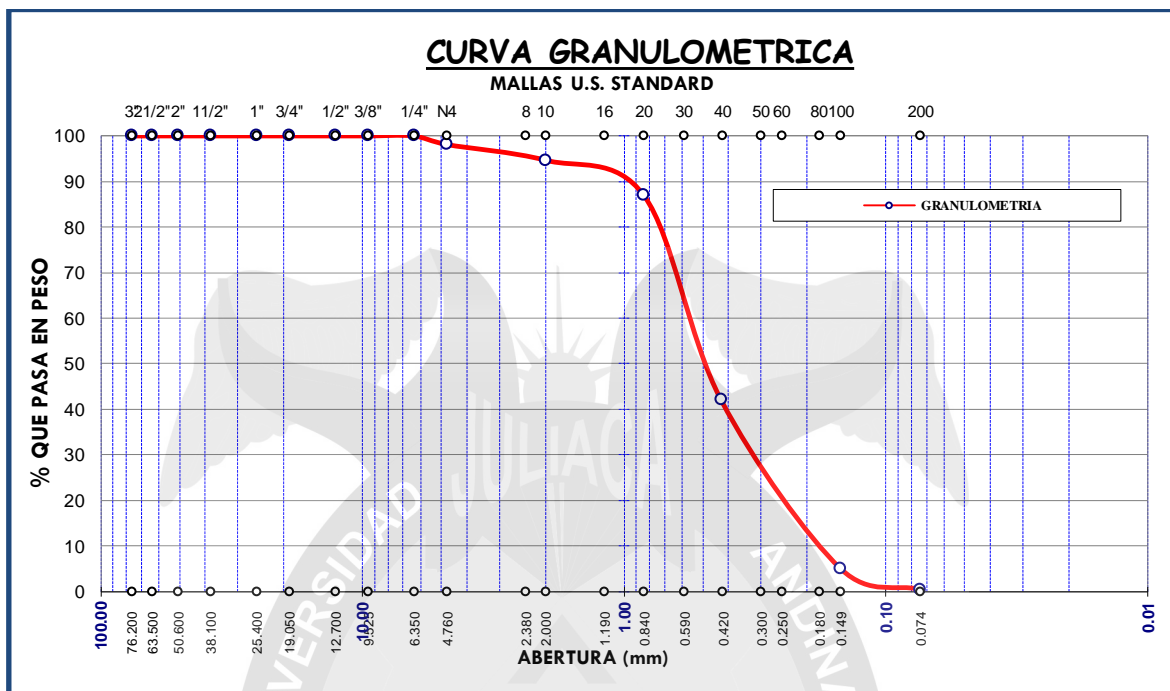


Tabla 18. Obtención de D, Cu (coeficiente de uniformidad) y Cc (coeficiente de curvatura).

| Gruesa Laraqueri | |
|------------------|------------|
| D65= | 1.13811069 |
| D10= | 0.22945812 |
| D30= | 0.78724746 |
| D60= | 0.65385052 |
| D90= | 4.88984435 |
| D50= | 0.89152672 |
| Cu | 2.84954186 |
| Cc | 4.13086148 |

Material Fino:

Tabla 19. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107 - ASTM D 422).

| Nº TAMI Z | ABERT TAMIZ (mm) | PESO RETENID O | % RET. PARCIA L | % RET. ACUMUL . | % QUE PASA | ESPECIFICACIO N | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|-----------------|------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|--------------------|--------------------------------|
| 3" | 76.200 | | | 0.00 | 100.00 | | Peso Inicial : 583 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | LIMITES DE ATTERBERG |
| 2" | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | Limite : - |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | Liquido : - |
| 1" | 25.400 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | Limite : - |
| 3/4" | 19.050 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | Plastico : - |
| 1/2" | 12.700 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | Indice : - |
| 3/8" | 9.525 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | Plastico : - |
| 1/4" | 6.350 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | CLASIFICACION DEL SUELO |
| Nº 4 | 4.760 | 1.90 | 0.33 | 0.33 | 99.67 | | AASHTO : A-1-b (0) |
| Nº 6 | 3.360 | | 0.00 | 0.33 | 99.67 | | SUCS : SP |
| Nº 8 | 2.380 | 9.30 | 1.60 | 1.92 | 98.08 | | % de Grava : 0.33 % |
| Nº 10 | 2.000 | 11.90 | 2.04 | 3.96 | 96.04 | | % de Arena : 98.25 % |
| Nº 16 | 1.190 | | 0.00 | 3.96 | 96.04 | | % Pasa Nº 200 : 1.42 % |
| Nº 20 | 0.840 | 86.40 | 14.82 | 18.79 | 81.21 | | |
| Nº 30 | 0.590 | | 0.00 | 18.79 | 81.21 | | |
| Nº 40 | 0.426 | 259.80 | 44.57 | 63.36 | 36.64 | | |
| Nº 60 | 0.250 | 114.30 | 19.61 | 82.96 | 17.04 | | Observaciones : |
| Nº 80 | 0.177 | | 0.00 | 82.96 | 17.04 | | |
| Nº 100 | 0.149 | 56.90 | 9.76 | 92.73 | 7.27 | | |
| Nº 200 | 0.074 | 34.10 | 5.85 | 98.58 | 1.42 | | |
| -200 | | 8.30 | 1.42 | 100.00 | 0.00 | | |

Gráfico 3. Curva granulométrica de la cantera Laraqueri.

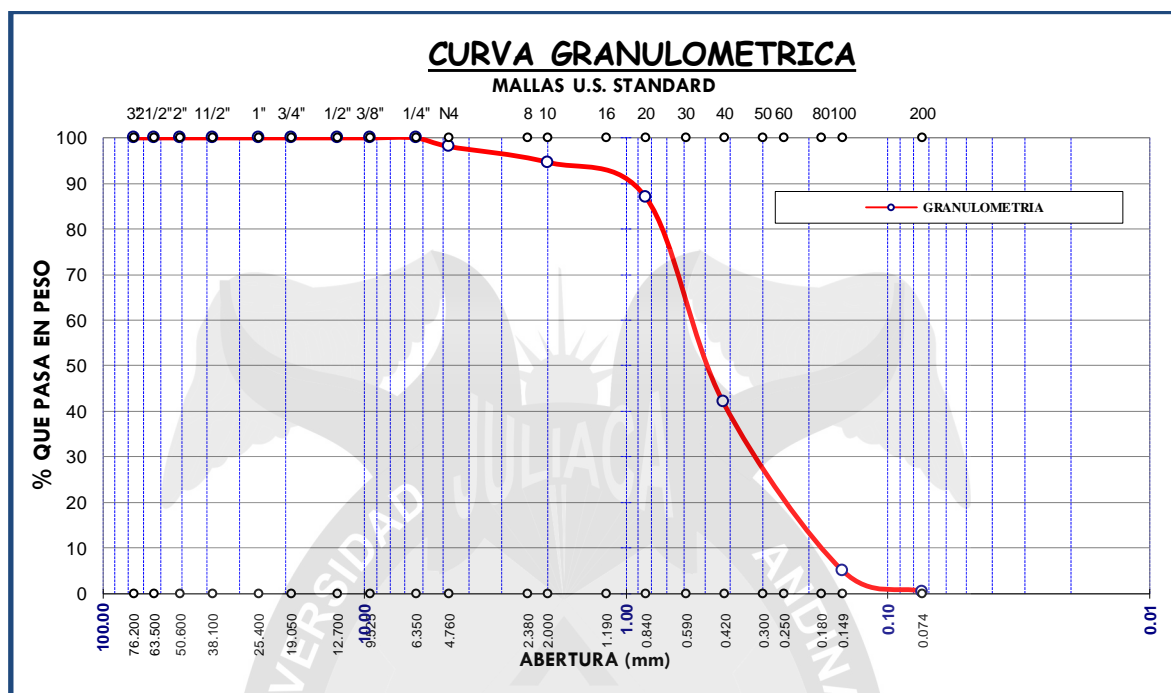


Tabla 20. Obención de D, Cu (coeficiente de uniformidad) y Cc (coeficiente de curvatura).

| Fina Laraqueri | |
|----------------|------------|
| D65= | 0.53033695 |
| D10= | 0.15681933 |
| D30= | 0.36636325 |
| D60= | 0.51193903 |
| D90= | 1.04744792 |
| D50= | 0.47514319 |
| Cu | 3.2645148 |
| Cc | 1.67188336 |

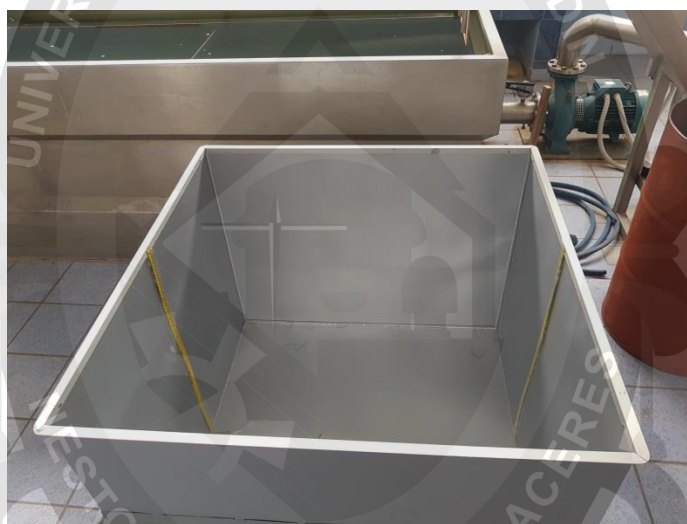
3.8.3 CALIBRACIÓN DEL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE:

Para el uso del canal de pendiente variable se tuvo que realizar una calibración para ver si el instrumento de laboratorio se encontraba en óptimas condiciones; para lo cual se realizó tres tipos de corroboraciones la primera se hizo aforo volumétrico, la segunda fue el cálculo de velocidad con correntómetro y el tercero fue cálculo de velocidades mediante el tubo de Pitot.

3.8.3.1 DATOS OBTENIDOS POR AFORO VOLUMÉTRICO:

Para realizar el aforo volumétrico el laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez cuenta con un contenedor el cual puede almacenar 1m^3 el cual nos ayudara para realizar dichos ensayos.

Fotografía 10. Contenedor de 1m^3 .



Para el aforo se realizó 4 ensayos volumétricos. Y se trabajó con 1 pendiente:

Tabla 21. Conversión de grado a porcentaje en el canal de pendiente variable.

| grado | 0.05 | m/m | 0.00087266 |
|-------|------|-----|------------|
|-------|------|-----|------------|

Con el canal en marcha se espera un promedio de 10 minutos para la estabilización del tirante en el canal como se observa en la fotografía 11 y así hallar su altura de este, obteniendo los valores a presentarse en la tabla 23.

Fotografía 11. Estabilización del tirante del canal.



Tabla 22. Datos de altura, base y área y velocidad obtenidos en el canal.

| | |
|--------------------|--------------|
| h canal: | 0.205 |
| b canal: | 0.3 |
| area canal: | 0.0615 |
| velocidad: | 0.57665587 |

Tabla 23. Resultados del aforo volumétrico realizado en el canal.

| | |
|-----------------|------------|
| Área: | 1 |
| Altura: | 0.395 |
| Volumen: | 0.395 |
| Tiempo: | 11.3 |
| Caudal: | 0.03495575 |
| Área: | 1 |
| Altura: | 0.399 |
| Volumen: | 0.399 |
| Tiempo: | 11.4 |
| Caudal: | 0.035 |
| Área: | 1 |
| Altura: | 0.444 |
| Volumen: | 0.444 |
| Tiempo: | 12.24 |
| Caudal: | 0.03627451 |
| Área: | 1 |
| Altura: | 0.321 |
| Volumen: | 0.321 |
| Tiempo: | 9.01 |
| Caudal: | 0.03562708 |
| PROM Q: | 0.03546434 |

Como se observa se tiene un caudal promedio de: $Q = 0.0355 \text{ m}^3/\text{s}$.. con esto calculamos la velocidad el cual nos da un valor de: $v = 0.576 \text{ m/s}$.

Fotografía 12. Aforo Volumétrico realizado en el canal de pendiente variable.



3.8.3.2 DATOS OBTENIDOS POR CORRENTÓMETRO:

Se hizo uso del correntómetro para saber la velocidad en el punto medio del canal y también para tener una velocidad media de este teniendo como lectura valores que se aprecia en la tabla 18 del equipo Streamflo 430, marca Nixon.

Tabla 24. Valor obtenido por el correntómetro.

| INDICATOR READING | 112 | LINEAR VELOCITY | 70.41 |
|-------------------|-----|-----------------|-------|
|-------------------|-----|-----------------|-------|

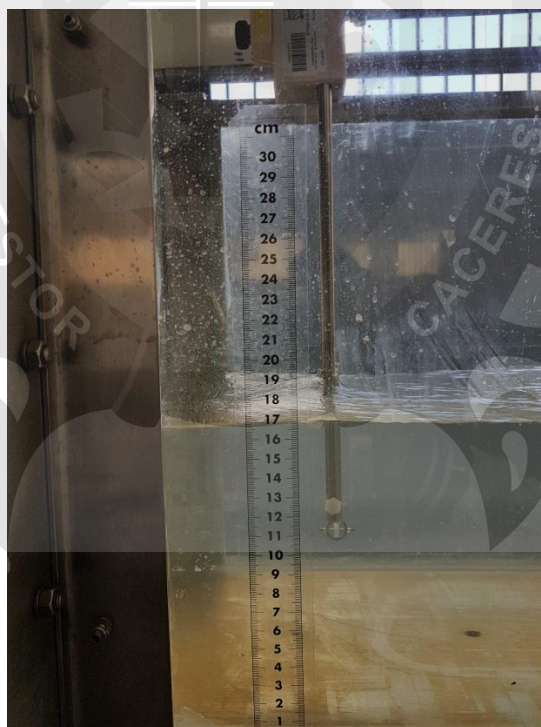
Fotografía 13. Correntómetro del laboratorio de hidráulica.



Fotografía 14. Colocación del correntómetro en el canal.



Fotografía 15. Uso del correntómetro en el canal.



Fotografía 16. Del equipo Streamflo 430, marca Nixon.



3.8.3.3 DATOS OBTENIDOS POR EL TUBO DE PITOT:

Para obtener un tercer valor de velocidad se utilizó el tubo de Pitot que también cuenta el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras de la UANCV-Juliaca, el cual nos dio el siguiente valor:

Tabla 25. Velocidad obtenida por el tubo de Pitot.

| | |
|----------|-------------------|
| v | 0.70035705 |
| g | 9.81 |
| h | 0.025 |

$$V = \sqrt{2 * g * h}$$

| | |
|--------------|------------|
| grado | 0.05 |
| % | 0.00087266 |

Fotografía 17. Utilización del tubo de Pitot en el canal.



3.8.3.4 DATOS OBTENIDOS POR LOS ENSAYOS Y COMPARACIÓN DE n :

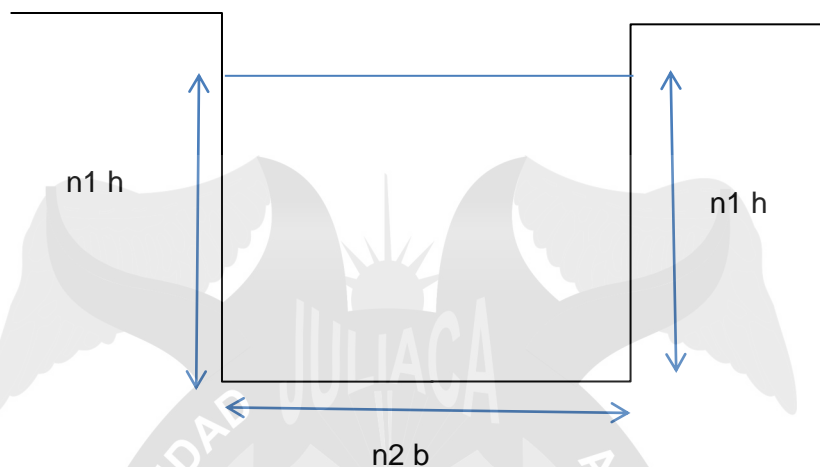
Para comparar los valores tanto de velocidades y caudales primeramente se tiene trabajar con la ecuación de Manning:

$$V = \frac{\phi}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

Dónde:

| | | |
|----------|-------------|-------------------|
| $\phi =$ | 1.000054796 | Constante. |
| $n_1 =$ | 0.009 | Rugosidad Vidrio. |
| $n_2 =$ | 0.01 | Rugosidad Laton. |
| $S_o =$ | 0.000872665 | Pendiente. |
| $R_h =$ | 0.086619718 | Radio Hidráulico. |
| $P =$ | 0.71 | Perímetro mojado. |
| $H =$ | 0.205 | Altura de agua. |
| $B =$ | 0.3 | Ancho de agua. |

Gráfico 4. Sección del canal.



Una vez que se obtuvo los valores de la sección del canal se reemplaza en la fórmula de Manning y correntómetro obteniendo el siguiente resultado:

$$V \text{ Manning} = 0.64261305$$

$$v \text{ correntómetro} = 0.7041$$

Teniendo estos valores primeramente se observa que cada material tiene un valor "n" el cual lo indica en la tabla 26.

Tabla 26. Valores de n y k para pared de un canal.

| Tipo de material de las paredes del canal | n (adim) | k (mm) |
|---|---------------|--------|
| Vidrio | 0.009 - 0.010 | |
| Material liso (latón, cobre, plomo, aluminio) | 0.010 | 0.003 |
| Mampostería, ladrillo | 0.014 | 1.20 |
| Asbesto-cemento | 0.010 | 0.03 |
| Acero no-revestido | 0.012 | 0.03 |
| Acero revestido | 0.013 | 0.06 |
| Concreto | 0.013 | 0.15 |
| Ladrillo vitrificado | 0.025 | 1.50 |
| Gres (arcilla o barro) vitrificado | 0.013 | 0.06 |
| P.V.C. | 0.010 | 0.03 |

Fuente: GÁLVEZ RIBERIN, Hector Ernesto; CAMACHO SALAZAR, Wilde Roberto. (2006). MODERNIZACIÓN DE LA ENSEÑANZA APRENDIZAJE EN LA ASIGNATURA DE HIDRÁULICA II (CIV 230). Cochabamba-Bolivia.

Ahora en el canal existen 2 rugosidades y una altura o tirante y la base del canal el cual se calculará la rugosidad con la siguiente fórmula:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x P_1}{P_2} \right]^{2/3}$$

Dónde:

| | |
|---------|---|
| n_1 = | Rugosidad de la pared del canal. |
| n_2 = | Rugosidad de la base del canal. |
| h = | Altura alcanzada por el agua en la pared del canal. |
| b = | Altura alcanzada por el agua en la base del canal. |
| v = | Velocidad. |

Reemplazamos la fórmula con los datos obtenidos y nos dan los siguientes valores de rugosidad:

| | |
|---------------------|--------------|
| n_2 | = 0.00899883 |
| n_2 correntómetro | = 0.00707297 |
| n_2 pitot | = 0.00718463 |

Comparando con la tabla 20 la rugosidad del latón es: 0.010 el cual hay una variación de -0.0025 promedio con respecto a los valores calculados con el canal de pendiente variable.

Con lo que respecta a valores constantes con el tubo de Pitot y el correntómetro se obtienen valores que no varían mucho con respecto al aforo.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MICRO Y MACRO RUGOSIDAD:

Para el cálculo de micro rugosidad se obtuvo mediante dos formas; la primera es mediante la fórmula de Manning considerando n de fondo, la segunda mediante la fórmula de Manning considerando n de fondo y la tercera se utilizó la fórmula de MEYER-PETER y MULLER con los coeficientes de Strickler, se hizo pruebas con diferentes pendientes (0.05° , 0.1° , 0.2° , 0.3° , 0.4° , 0.5°) que ayudaran a ver el comportamiento del material de fondo; estos valores ayudaran a determinar los coeficientes de rugosidad de una manera más exacta para la región de Puno y en el Altiplano Andino.

Para obtener los resultados de la Macro rugosidad se utilizó las fases de transporte de sólidos con tablas y fórmulas que nos indican si la arena adquiriría un fondo plano, rizados, dunas y/o anti dunas. Esta incluye también el uso de la fórmula de MEYER-PETER y MULLER con los coeficientes de Strickler y esta se comparará con la Tabla 12 que es la relación entre las formas de fondo y el coeficiente de rugosidad " n " de Manning, de acuerdo con la zona de flujo.

4.1.1 CANTERA DE ILAVE:

4.1.1.1 MACRO Y MICRO RUGOSIDAD PARA ARENA FINA EN LA CANTERA ILAVE:

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA FINA DE ILAVE 01

DATOS DEL CANAL:

| | |
|--------------|-------------|
| $S^{\circ}=$ | 0.05 |
| $S=$ | 0.00087 m/m |

| | |
|---------------|--------------|
| $y_t=$ | 14.8 cm |
| $y_r=$ | 9.8 cm |
| $b=$ | 30 cm |
| n_1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n_2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO::

| | |
|--------------|------------------------------|
| $T^{\circ}=$ | 12.1 °C |
| $\gamma=$ | 1000 kg/m ³ |
| $\nu=$ | 1.2383E-06 m ² /s |

DATOS DEL SOLIDO::

| | |
|-------------|--------------------------|
| $\gamma_s=$ | 2454.9 kg/m ³ |
| $d_{50}=$ | 0.00046 |

$b=$ base de canal.

$A=$ área.

$p=$ perim. Mojado.

$y_t=$ altura total.

$y_r=$ altura real.

$n=$ rugosidad.

$v=$ velocidad.

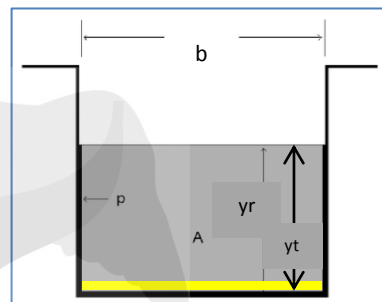
$s=$ pendiente.

$T^{\circ}=$ temperatura.

$\gamma=$ peso específico.

$d=$ diámetro de partícula.

$\nu=$ viscosidad.



PARA MANNING

| | |
|--------|---------------|
| ϕ | 1.000054796 |
| n_1 | 0.009 Vidrio. |
| n_2 | 0.018 ARENA. |
| S_o | 0.00087 |
| R_h | 0.0593 m |
| p | 0.496 m |
| y_r | 0.098 m |
| b | 0.3 m |
| área | 0.0294 |

Vidrio.

ARENA.

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 19 LINEAR VELOCITY 17.31

LINEAR VELOCITY 134 INDICATOR READING 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.1731 m/s

REEMPLZAMOS PARA CALCULAR n:

n Manning= 0.030 n de fondo

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

n1= rugosidad de la pared del canal
n2= rugosidad de la base del canal
yr= altura alcanzada por el agua en la pared del canal
b= altura alcanzada por el agua en la base del canal
v= velocidad

n2= 0.044 con n fondo y n pared

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER:

V 0.1731 m/s

corrent=

Q= 0.00509 m3/s.

5.089 lts/s.

Rh 0.0593 m

Km= 38.545 Rug de canal

n= 0.026

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.712 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n pared= 0.009

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 29.158 Rug. Fondo

n fondo= 0.034

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.027 m2.

Rs= 0.0901

Qs= 0.0047 m3/s.

4.678 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0024 m2.

A total= 0.0294 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.919

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}}$$

$$n_{manning} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{pared}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$R_s = \frac{A_s}{b} \quad A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R s}$$

v^* = velocidad de corte
 w = velocidad de caída

PASO 1:

v^* = 0.0225 m/s

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

Y_{alin} = 878.653

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

wd/v = 19

w = 0.0517 m/s

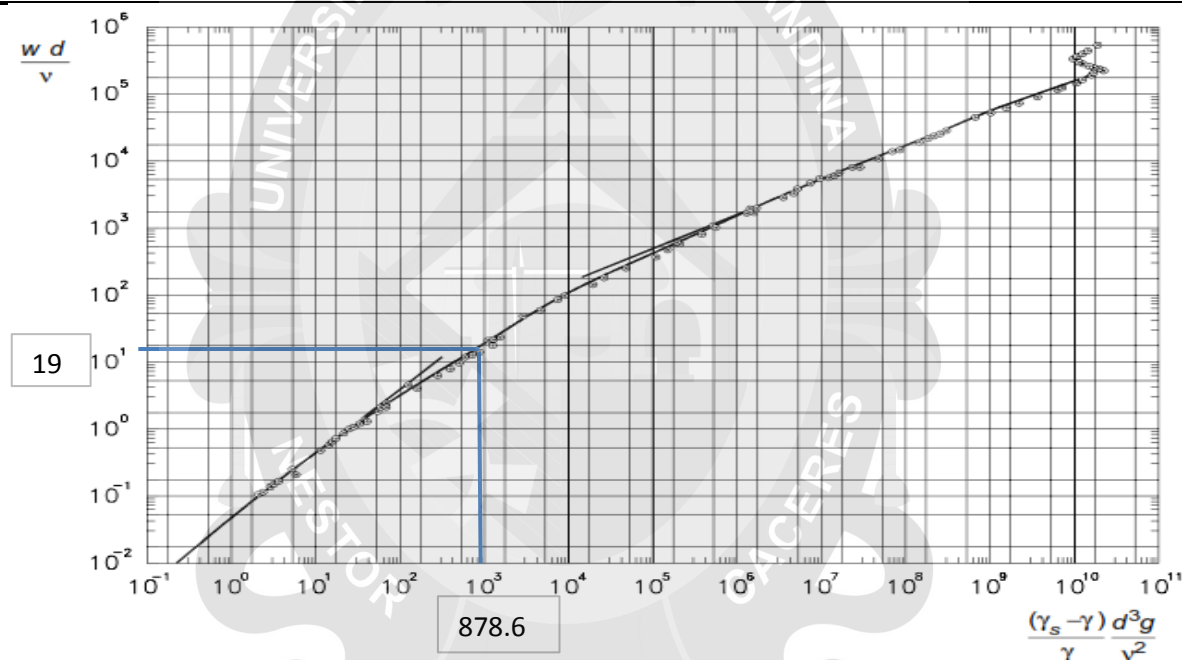
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

v^*/w = 0.436

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

v^*d/u = 8.283

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DEERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

Fr = 0.177 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

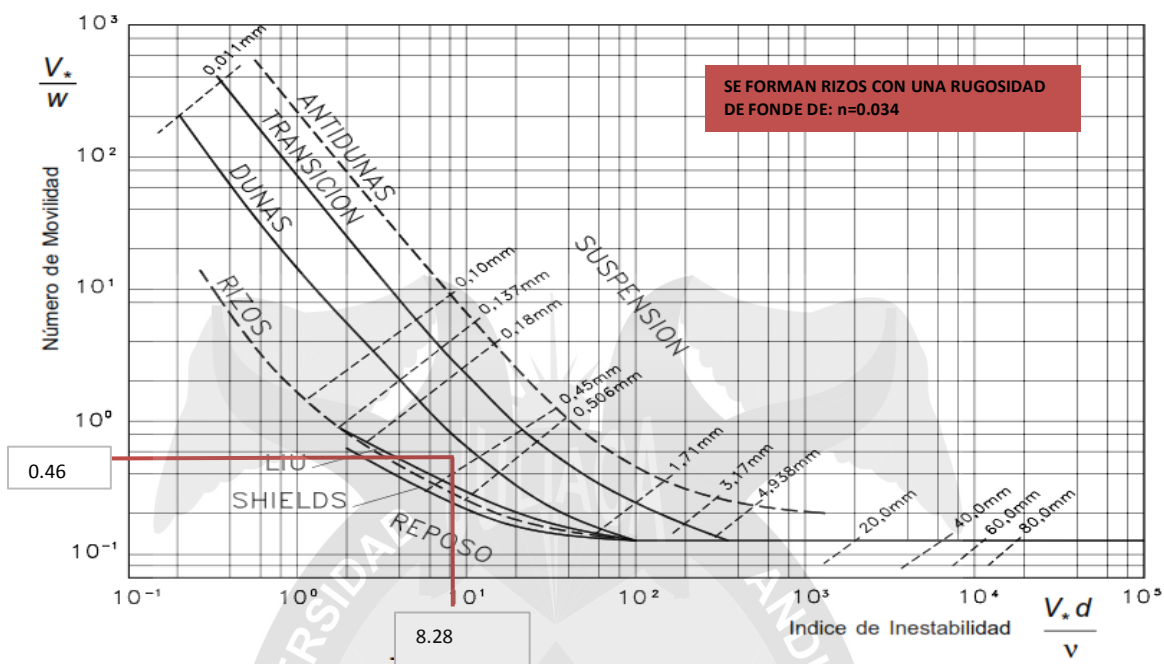
$$F_r = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

μ = 0.239

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación: $Q_s/Q = 0.919$



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n fondo | n2 fondo y pared | strickler |
|-----------------|-------|-------|---------|------------------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | 0.030 | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | 0.030 | 0.044 | 0.034 |

Se producen rizos y dunas según esta comparación según Rodríguez Díaz, Héctor Alfonso. Curso Hidráulica Fluvial

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA FINA DE ILAVE 02

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.1 |
| S= | 0.00175 m/m |

| | | |
|-------------------|-------|--------|
| yt= | 13.75 | cm |
| yr= | 8.75 | cm |
| b= | 30 | cm |
| n1 (pared) | 0.009 | vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 | ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | | |
|------------|------------|-------|
| T°= | 12.1 | °C |
| γ= | 1000 | kg/m3 |
| υ= | 1.2383E-06 | m2./s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | | |
|-------------|---------|-------|
| ys= | 2454.9 | kg/m3 |
| d50= | 0.00046 | |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

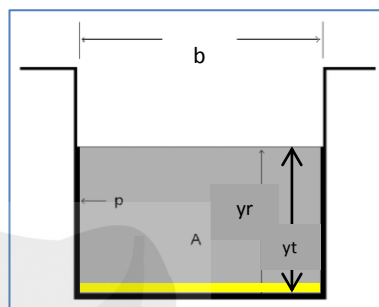
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00175 | |
| Rh | 0.0553 | m |
| p | 0.475 | m |
| yr | 0.0875 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.02625 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 20 **LINEAR VELOCITY** 18.49

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.1849 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.034 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} * y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

n2= 0.046 con n fondo y n pared

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

| | | | |
|--|---------|----------------|---|
| V | 0.1849 | m/s | |
| corrent= | | | |
| Q= | 0.00485 | m3/s. | |
| | 4.854 | lts/s. | |
| Rh | 0.0553 | m | |
| Km= | 30.505 | Rug de canal | $K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}}$ |
| n= | 0.033 | | $n_{manning} = \frac{1}{K}$ |
| MICRO RUGOSIDAD | | | |
| Kr= | 75.712 | microrugosidad | $K_r = \frac{21}{d50^{1/6}}$ |
| n= | 0.013 | | |
| RUGOSIDAD DE LA PARED | | | |
| n | 0.009 | | $K_w = \frac{1}{n_{pared}}$ |
| pared= | | | |
| Kw= | 111.111 | Rug. Pared | |
| RUGOSIDAD DE FONDO | | | |
| Ks= | 23.286 | Rug. Fondo | $K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$ |
| n | 0.043 | | |
| fondo= | | | |
| CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS | | | |
| As= | 0.025 | m2. | |
| Rs= | 0.0829 | | $A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}}$ |
| Qs= | 0.0046 | m3/s. | $R_s = \frac{A_s}{b}$ |
| | 4.596 | lts/s. | |
| VERIFICACIÓN | | | |
| Aw= | 0.0014 | m2. | $A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$ |
| A total= | 0.02625 | m2. | OK |

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.947

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

| | | |
|------|---------------------|--------------------|
| v*/w | numero de movilidad | |
| v*= | velocidad de corte | $v^* = \sqrt{gRs}$ |
| w= | velocidad de caída | |

PASO 1:

$v^* = 0.0308$ m/s

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 878.653$

$wd/v = 19$

$w = 0.0517$ m/s

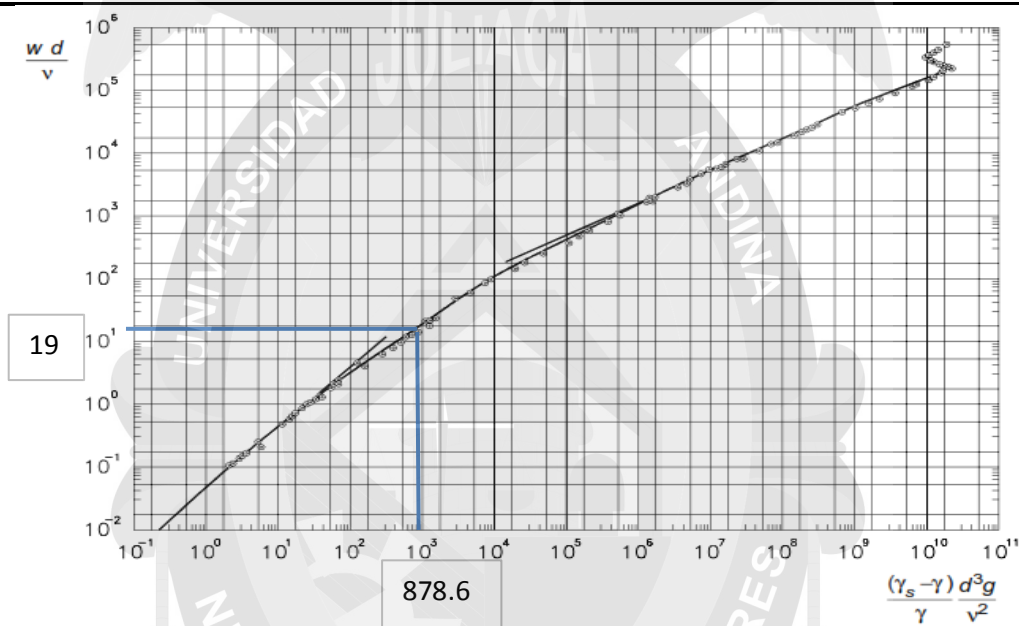
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 0.595$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 11.311$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr =$

0.200 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu =$

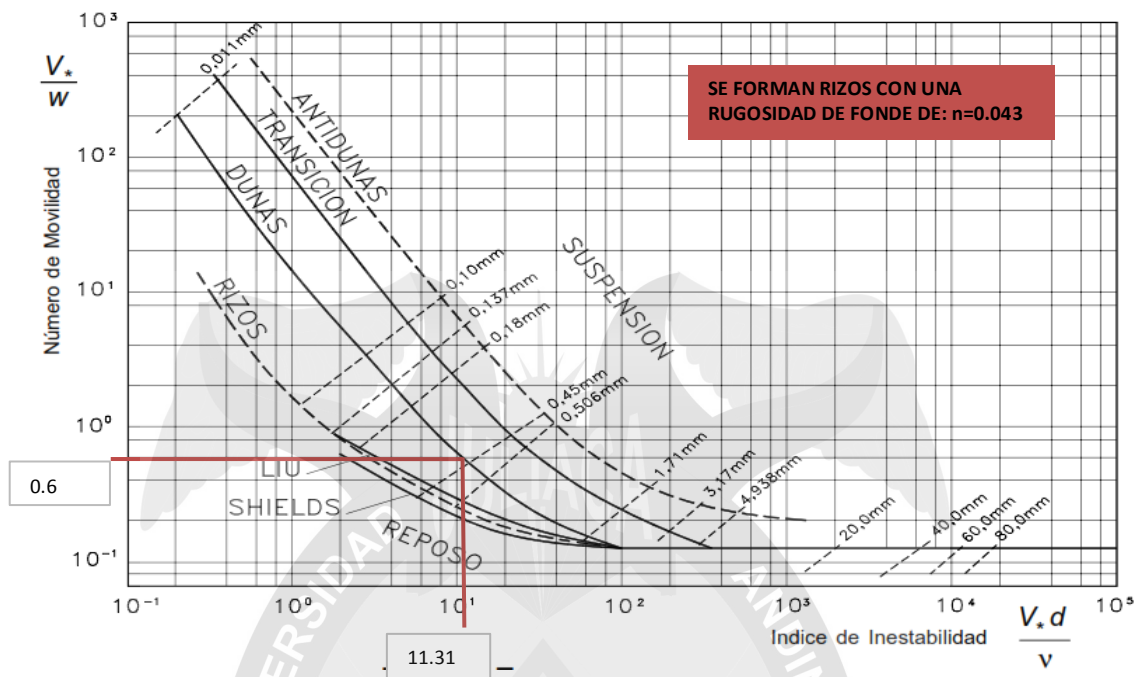
0.171

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v}\right)^{3/2}$$

Relación:

$Q_s/Q =$

0.947



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n fondo | n2 fondo y pared | strickler |
|-----------------|-------|-------|---------|------------------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.042 | 0.056 | 0.056 |

Se producen mucho arrastre según esta comparación según Rodríguez Díaz, Héctor Alfonso. Curso Hidráulica Fluvial

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA FINA DE ILAVE 03

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.2 |
| S= | 0.00349 m/m |

| | | |
|-------------------|-------|--------|
| yt= | 13.75 | cm |
| yr= | 8.75 | cm |
| b= | 30 | cm |
| n1 (pared) | 0.009 | vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 | ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | | |
|------------|------------|-------|
| T°= | 12.1 | °C |
| γ= | 1000 | kg/m3 |
| υ= | 1.2383E-06 | m2./s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | | |
|-------------|---------|-------|
| ys= | 2454.9 | kg/m3 |
| d50= | 0.00046 | |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

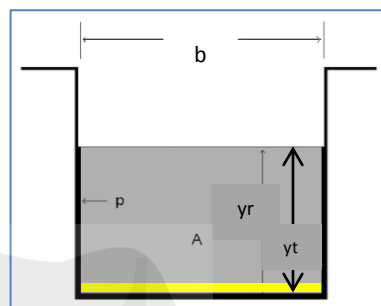
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00349 | |
| Rh | 0.0553 | m |
| p | 0.475 | m |
| yr | 0.0875 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.02625 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 24 **LINEAR VELOCITY** 20.26

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO:

0.2026 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.0423 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^2 - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

| | | |
|-----|--------|-----------------------|
| n2= | 0.0561 | con n fondo y n pared |
|-----|--------|-----------------------|

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.2026 m/s

corrent=

Q= 0.00532 m3/s.
5.318 lts/s.

Rh 0.0553 m

Km= 23.635 Rug de canal

n= 0.042

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.712 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 17.831 Rug. Fondo

n 0.056

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.025 m2.

Rs= 0.0843

Qs= 0.0051 m3/s.
5.126 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0009 m2.

A total= 0.02625 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.964

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de
caída

PASO 1:

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R s}$$

$v^* = 0.0435 \text{ m/s}$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 878.653$

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

$wd/v = 19$

$w = 0.0517 \text{ m/s}$

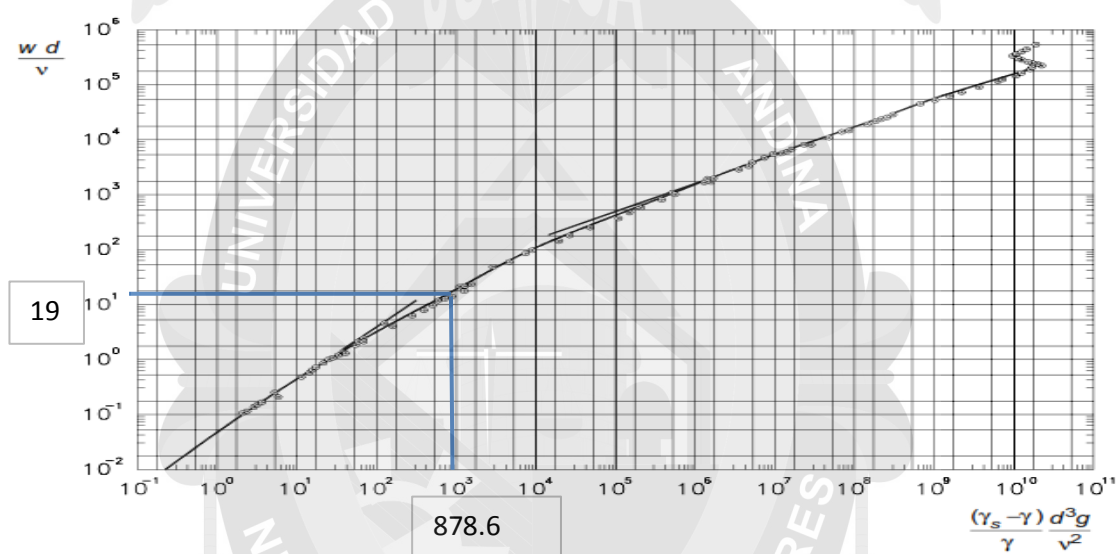
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 0.842$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 15.996$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DEERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr = 0.219 < 1$

Flujo subcrítico

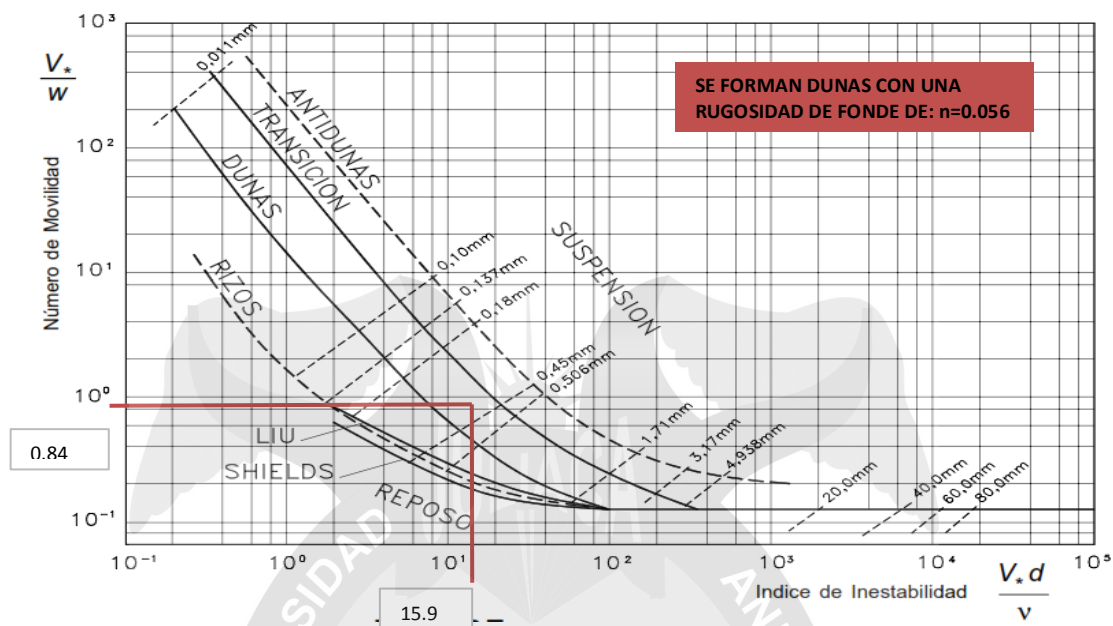
VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

$\mu = 0.114$

Relación: $Q_s/Q = 0.964$



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

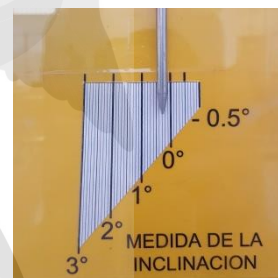
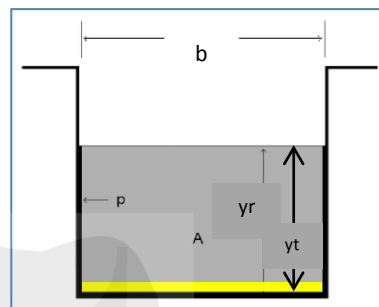
| | MIN | MAX | n fondo | n2 fondo y pared | strickler |
|-----------------|-------|-------|---------|------------------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.042 | 0.056 | 0.056 |

Se producen mucho arrastre según esta comparación según Rodríguez Díaz, Héctor Alfonso. Curso Hidráulica Fluvial

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA FINA DE ILAVE 04

DATOS DEL CANAL:

| | | | |
|--------------------------|------------|-------------------|-----------------------------|
| $S^\circ =$ | 0.3 | | $b =$ base de canal |
| $S =$ | 0.00524 | m/m | $A =$ área |
| $y_t =$ | 13.1 | cm | $p =$ perim. Mojado |
| $y_r =$ | 8.1 | cm | $y_t =$ altura total |
| $b =$ | 30 | cm | $y_r =$ altura real |
| n_1 (pared) | 0.009 | vidrio | $n =$ rugosidad |
| n_2 (fondo) | 0.018 | ARENA | $v =$ velocidad |
| DATOS DEL FLUIDO: | | | $s =$ pendiente |
| $T^\circ =$ | 12.1 | $^\circ\text{C}$ | $T^\circ =$ temperatura |
| $\gamma =$ | 1000 | kg/m ³ | $\gamma =$ peso específico |
| $u =$ | 1.2383E-06 | m ² /s | $d =$ diámetro de partícula |
| DATOS DEL SOLIDO: | | | $U =$ viscosidad |
| $\gamma_s =$ | 2454.9 | kg/m ³ | |
| $d_{50} =$ | 0.00046 | | |



PARA MANNING

| | | |
|--------|-------------|--------|
| ϕ | 1.000054796 | |
| n_1 | 0.009 | vidrio |
| n_2 | 0.018 | ARENA |
| S_o | 0.00524 | |
| R_h | 0.0526 | m |
| p | 0.462 | m |
| y_r | 0.081 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.0243 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 30 LINEAR VELOCITY 22.03

LINEAR VELOCITY 134 INDICATOR READING 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.2203 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.046 n de fondo

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

| | |
|-----|-----------------------------|
| n2= | 0.060 con n fondo y n pared |
|-----|-----------------------------|

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.2203 m/s

corrent=

Q= 0.00535 m3/s.
5.353 lts/s.

Rh 0.0526 m

Km= 21.687 Rug de canal

n= 0.046

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.712 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 16.599 Rug. Fondo

n 0.060

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.024 m2.

Rs= 0.0786

Qs= 0.0052 m3/s.
5.191 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0007 m2.

A total= 0.0243 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.970

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de
caída

PASO 1:

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R s}$$

$v^* = 0.0520$ m/s

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 878.653$

$wd/v = 19$

$w = 0.0517$ m/s

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

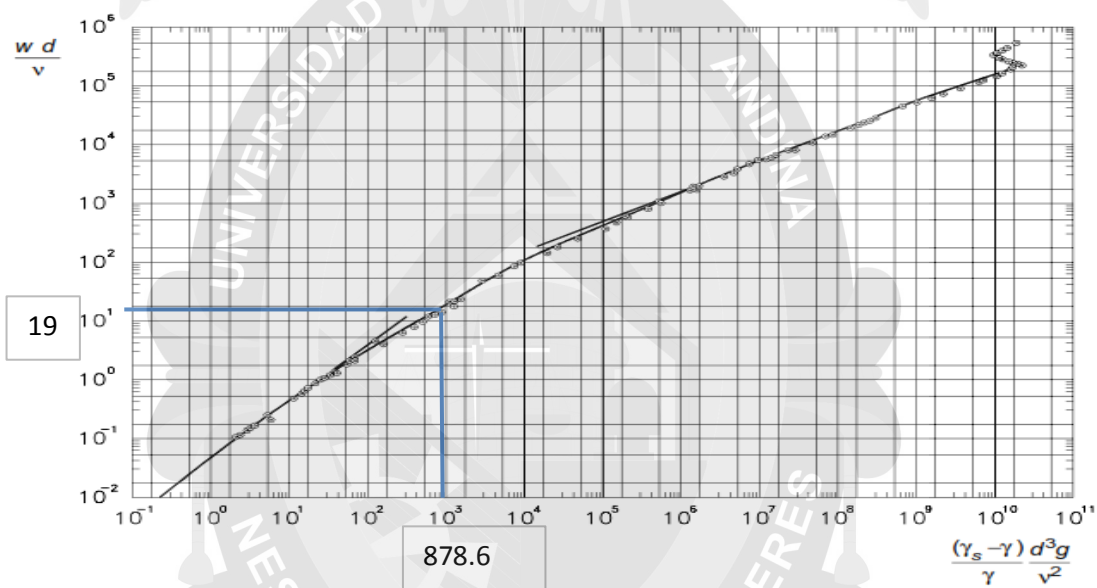
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 1.006$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 19.112$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DEERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr =$

0.247 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu =$

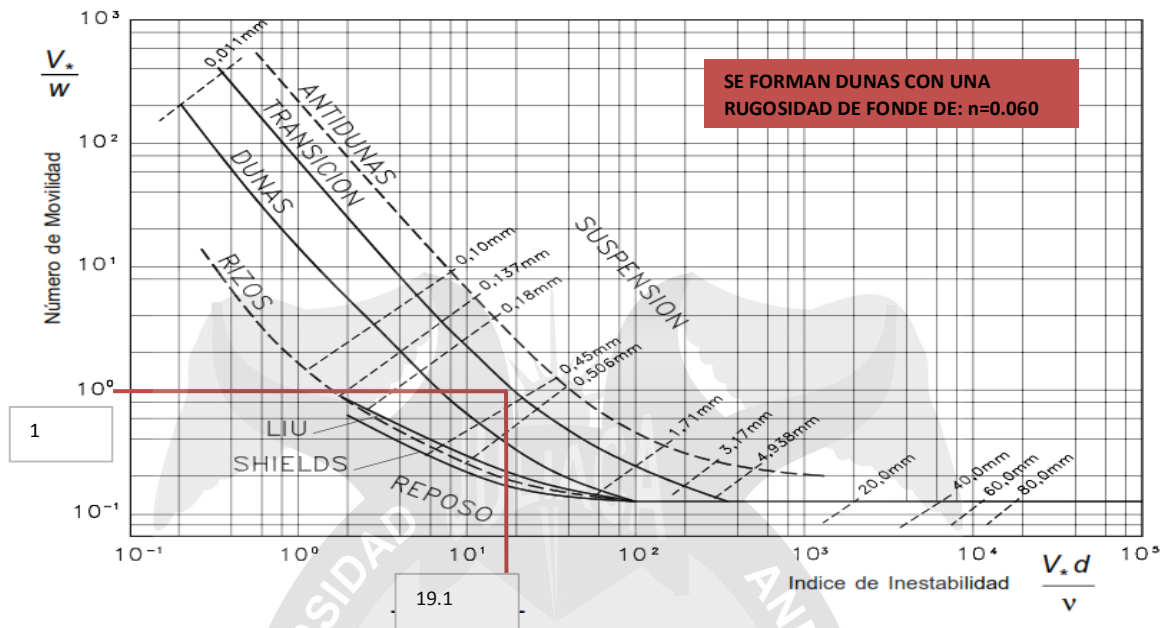
0.103

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación:

$Q_s/Q =$

0.970



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.046 | 0.060 | 0.060 |

Se producen mucho arrastre según esta comparación según Rodríguez Díaz, Héctor Alfonso. Curso Hidráulica Fluvial

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA FINA DE ILAVE 05

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.4 |
| S= | 0.00698 m/m |

| | |
|-------------------|--------------|
| yt= | 12.6 cm |
| yr= | 7.6 cm |
| b= | 30 cm |
| n1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | |
|------------|------------------------------|
| T°= | 12.1 °C |
| γ= | 1000 kg/m ³ |
| υ= | 1.2383E-06 m ² /s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|-------------|--------------------------|
| γs= | 2454.9 kg/m ³ |
| d50= | 0.00046 |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

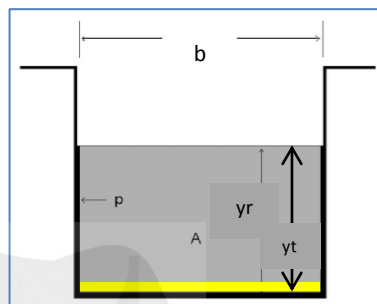
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00698 | |
| Rh | 0.0504 | m |
| p | 0.452 | m |
| yr | 0.076 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.0228 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 34 **LINEAR VELOCITY** 24.39

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.2439 m/s

REEMPLZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.0468 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

| | | |
|-----|--------|-----------------------|
| n2= | 0.0603 | con n fondo y n pared |
|-----|--------|-----------------------|

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

| | | |
|----------|---------|--------|
| V | 0.2439 | m/s |
| corrent= | | |
| Q= | 0.00556 | m3/s. |
| | 5.561 | lts/s. |
| Rh | 0.0504 | m |

| | | |
|-----|--------|--------------|
| Km= | 21.382 | Rug de canal |
|-----|--------|--------------|

| | |
|----|-------|
| n= | 0.047 |
|----|-------|

MICRO RUGOSIDAD

| | | |
|-----|--------|----------------|
| Kr= | 75.712 | microrugosidad |
|-----|--------|----------------|

| | |
|----|-------|
| n= | 0.013 |
|----|-------|

RUGOSIDAD DE LA PARED

| | |
|---|-------|
| n | 0.009 |
|---|-------|

| | | |
|--------|---------|------------|
| pared= | | |
| Kw= | 111.111 | Rug. Pared |

RUGOSIDAD DE FONDO

| | | |
|-----|--------|------------|
| Ks= | 16.584 | Rug. Fondo |
|-----|--------|------------|

| | |
|---|-------|
| n | 0.060 |
|---|-------|

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

| | | |
|-----|-------|-----|
| As= | 0.022 | m2. |
|-----|-------|-----|

| | |
|-----|--------|
| Rs= | 0.0738 |
|-----|--------|

| | | |
|-----|--------|--------|
| Qs= | 0.0054 | m3/s. |
| | 5.403 | lts/s. |

VERIFICACIÓN

| | | |
|-----|--------|-----|
| Aw= | 0.0006 | m2. |
|-----|--------|-----|

| | | |
|----------|--------|-----|
| A total= | 0.0228 | m2. |
|----------|--------|-----|

SE RELACIONA

| | |
|-------|-------|
| Qs/Q= | 0.972 |
|-------|-------|

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

| | |
|------|---------------------|
| v*/w | numero de movilidad |
|------|---------------------|

| | |
|-----|--------------------|
| v*= | velocidad de corte |
|-----|--------------------|

| | |
|----|--------------------|
| w= | velocidad de caída |
|----|--------------------|

PASO 1:

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R s}$$

$v^* = 0.0588 \text{ m/s}$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 878.653$

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

$wd/v = 19$

$w = 0.0517 \text{ m/s}$

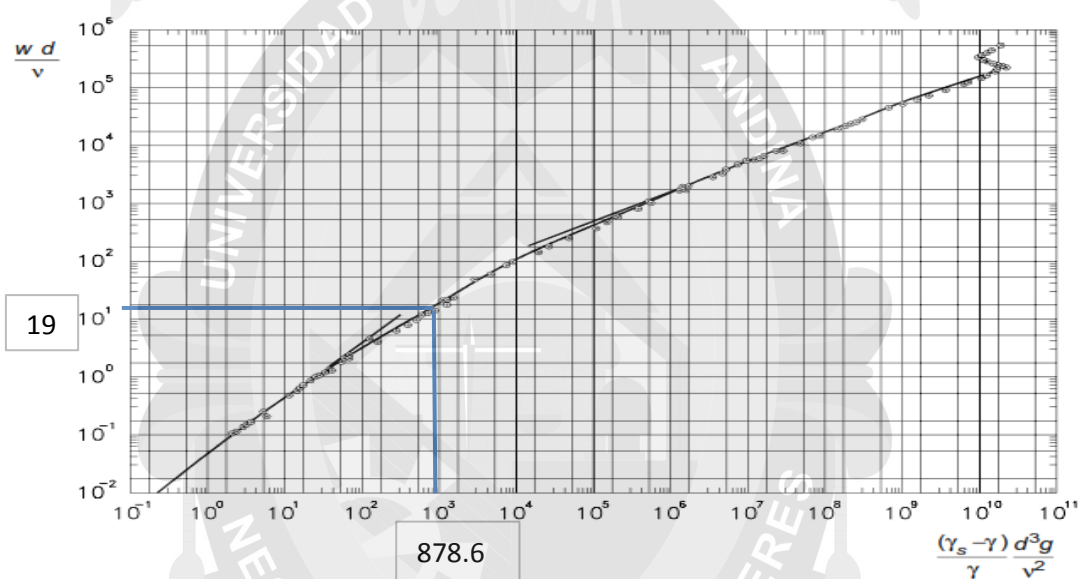
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 1.137$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 21.612$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DEERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr = 0.282 < 1$

Flujo subcrítico

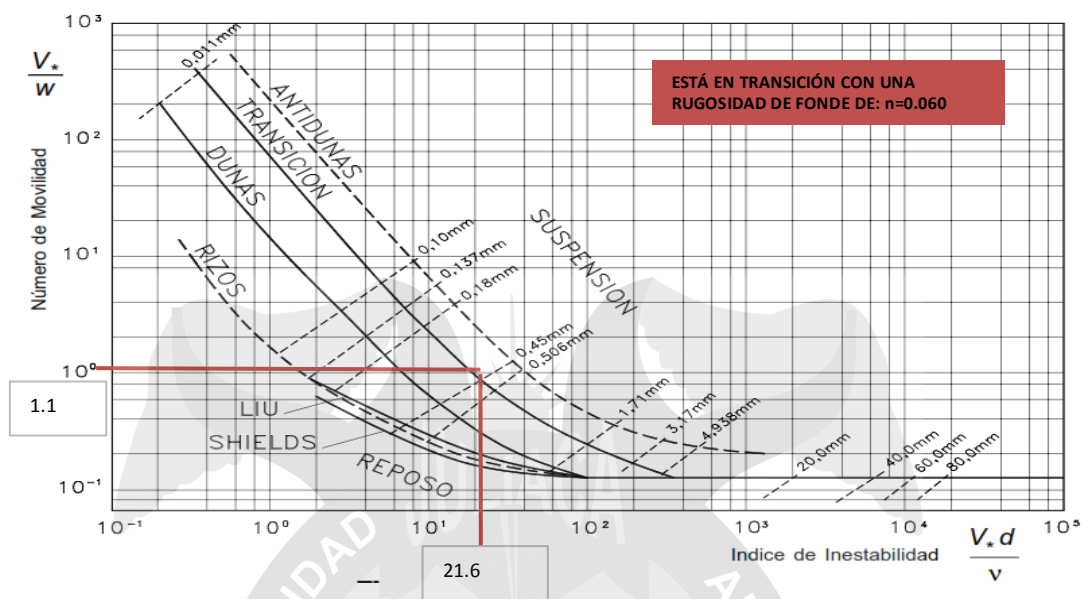
VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

$\mu = 0.103$

Relación: $Q_s/Q = 0.972$



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|--------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.0468 | 0.0603 | 0.060 |

Se producen mucho arrastre según esta comparación según Rodríguez Díaz, Héctor Alfonso. Curso Hidráulica Fluvial

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA FINA DE ILAVE 06

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.5 |
| S= | 0.00873 m/m |

| | |
|-------------------|--------------|
| yt= | 12 cm |
| yr= | 7 cm |
| b= | 30 cm |
| n1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | |
|------------|------------------------------|
| T°= | 12.1 °C |
| γ= | 1000 kg/m ³ |
| υ= | 1.2383E-06 m ² /s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|-------------|--------------------------|
| γs= | 2454.9 kg/m ³ |
| d50= | 0.00046 |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

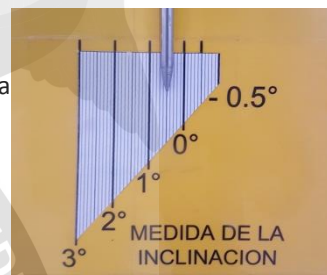
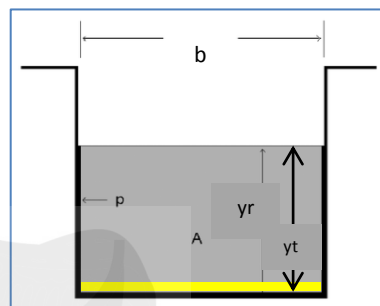
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00873 | |
| Rh | 0.0477 | m |
| p | 0.44 | m |
| yr | 0.07 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.021 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 35 **LINEAR VELOCITY** 24.98

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.2498 m/s

REEMPLZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.049 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} * y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

| | | |
|-----|-------|-----------------------|
| n2= | 0.062 | con n fondo y n pared |
|-----|-------|-----------------------|

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

| | | | | |
|---|---------------------|----------------|---|-----------------------------|
| V | 0.2498 | m/s | | |
| corrent= | | | | |
| Q= | 0.00525 | m3/s. | | |
| | 5.246 | lts/s. | | |
| Rh | 0.0477 | m | | |
| Km= | 20.323 | Rug de canal | $K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}}$ | $n_{manning} = \frac{1}{K}$ |
| n= | 0.049 | | | |
| MICRO RUGOSIDAD | | | | |
| Kr= | 75.712 | microrugosidad | $K_r = \frac{21}{d50^{1/6}}$ | |
| n= | 0.013 | | | |
| RUGOSIDAD DE LA PARED | | | | |
| n | 0.009 | | $K_w = \frac{1}{n_{pared}}$ | |
| pared= | | | | |
| Kw= | 111.111 | Rug. Pared | | |
| RUGOSIDAD DE FONDO | | | | |
| Ks= | 16.010 | Rug. Fondo | $K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$ | |
| n | 0.062 | | | |
| fondo= | | | | |
| CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS | | | | |
| As= | 0.020 | m2. | $A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}}$ | $R_s = \frac{A_s}{b}$ |
| Rs= | 0.0683 | | | |
| Qs= | 0.0051 | m3/s. | | |
| | 5.115 | lts/s. | | |
| VERIFICACIÓN | | | | |
| Aw= | 0.0005 | m2. | $A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$ | |
| A total= | 0.021 | m2. | OK | |
| SE RELACIÓN | | | | |
| Qs/Q= | 0.975 | | | |
| FASE DE TRANSPORTE | | | | |
| Hallamos el número de movilidad | | | | |
| v*/w | numero de movilidad | | $v_* = \sqrt{g R s}$ | |
| v*= | velocidad de corte | | | |
| w= | velocidad de caída | | | |

PASO 1:

$v^* = 0.0639 \text{ m/s}$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 878.653$

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

$wd/v = 19$

$w = 0.0517 \text{ m/s}$

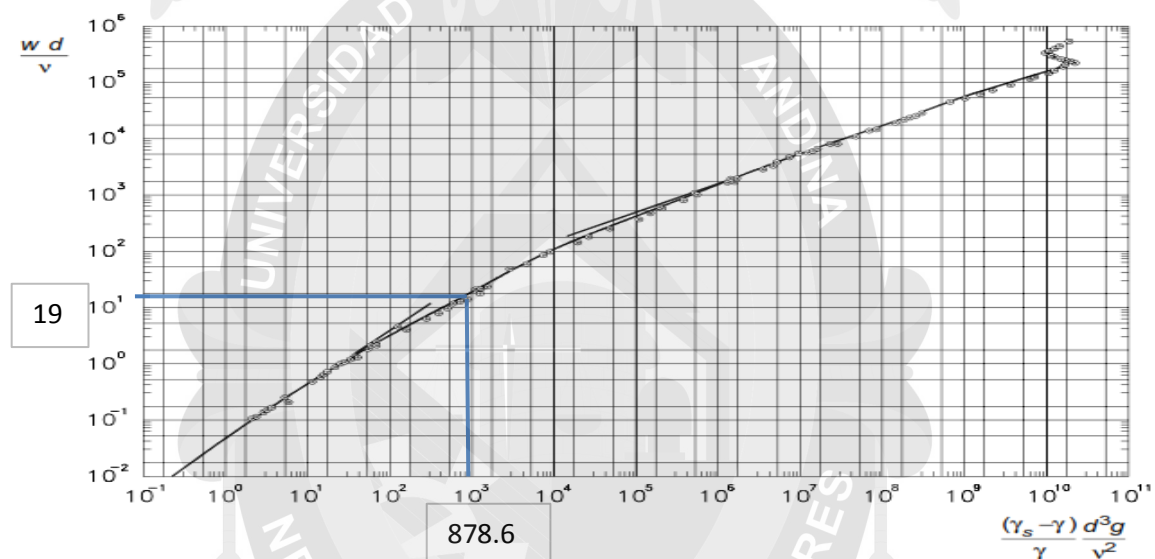
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 1.237$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 23.504$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr =$

0.301 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu =$

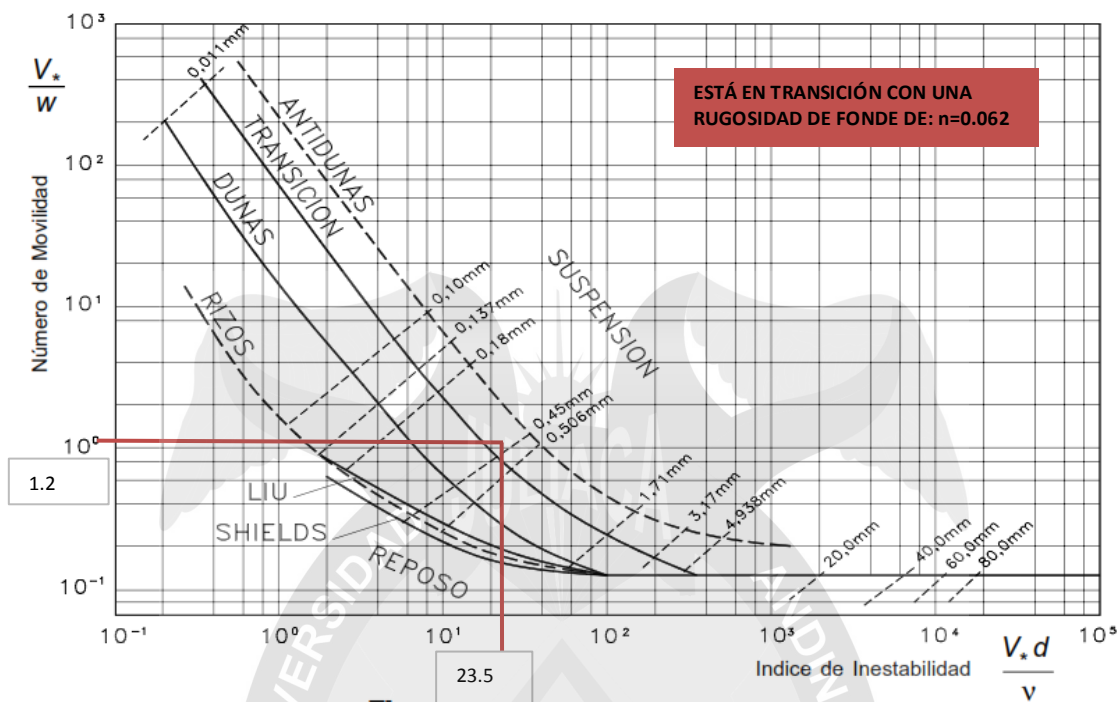
0.097

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación:

$Q_s/Q =$

0.975



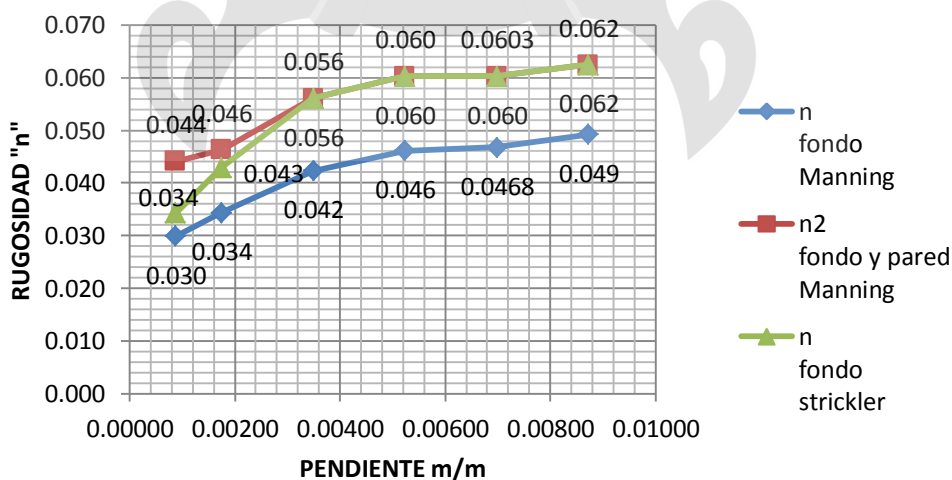
$n_2 = 0.062$ con n fondo y n pared

COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n_2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.049 | 0.062 | 0.062 |

Se producen mucho arrastre según esta comparación

ARENA FINA EN LA CANTERA ILAVE



En la presente gráfica se puede observar que las formulas aplicadas tienen una cierta igualdad entre el N2 FONDO Y PARED DE MANNING y N FONDO STRICKLER siendo estas más cercanas a un valor real debido a que utilizan formulas compuestas mientras que N FONDO DE MANNING es una fórmula que utiliza solo un valor de "n" sin considerar pared ni otros factores. se observa que a medida que la pendiente aumenta el valor de "n" también aumenta teniendo en resumen la siguiente tabla en contraste con la gráfica mostrada:

| PENDIENTE Ángulo ° | PENDIENTE m/m | n fondo Manning | n2 fondo y pared Manning | n fondo strickler |
|-----------------------|------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 0.05 | 0.00087 | 0.030 | 0.044 | 0.034 |
| 0.1 | 0.001745331 | 0.034 | 0.046 | 0.043 |
| 0.2 | 0.003490673 | 0.042 | 0.056 | 0.056 |
| 0.3 | 0.005236036 | 0.046 | 0.060 | 0.060 |
| 0.4 | 0.00698143 | 0.0468 | 0.0603 | 0.060 |
| 0.5 | 0.008726868 | 0.049 | 0.062 | 0.062 |

4.1.1.2 MACRO Y MICRO RUGOSIDAD PARA ARENA MEDIA EN LA CANTERA ILAVE:

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA MEDIA DE ILAVE 01

DATOS DEL CANAL:

| | |
|-------------|-------------|
| $S^\circ =$ | 0.05 |
| $S =$ | 0.00087 m/m |

| | |
|---------------|--------------|
| $y_t =$ | 18.45 cm |
| $y_r =$ | 13.75 cm |
| $b =$ | 30 cm |
| n_1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n_2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | |
|-------------|------------------------------|
| $T^\circ =$ | 12.1 °C |
| $\gamma =$ | 1000 kg/m ³ |
| $\nu =$ | 1.2383E-06 m ² /s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|--------------|--------------------------|
| $\gamma_s =$ | 2454.9 kg/m ³ |
| $d_{50} =$ | 0.00046 |

$b =$ base de canal

$A =$ área

$p =$ perim. Mojado

$y_t =$ altura total

$y_r =$ altura real

$n =$ rugosidad

$v =$ velocidad

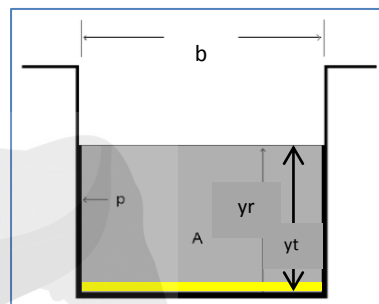
$s =$ pendiente

$T^\circ =$ temperatura

$\gamma =$ peso específico

$d =$ diámetro de partícula

$\nu =$ viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|--------|-------------|--------|
| ϕ | 1.000054796 | |
| n_1 | 0.009 | vidrio |
| n_2 | 0.018 | ARENA |
| S_o | 0.00087 | |
| R_h | 0.0717 | m |
| p | 0.575 | m |
| y_r | 0.1375 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.04125 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

| | | | |
|-------------------|-----|-------------------|--------|
| INDICATOR READING | 16 | LINEAR VELOCITY | 13.77 |
| LINEAR VELOCITY | 134 | INDICATOR READING | 220.43 |

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.1377 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.037 n de fondo

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^2 x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

n1= rugosidad de la pared del canal
n2= rugosidad de la base del canal
yr= altura alcanzada por el agua en la pared del canal
b= altura alcanzada por el agua en la base del canal
v= velocidad

n2= 0.055 con n fondo y n pared

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.1377 m/s

corrent=

Q= 0.00568 m3/s.

5.680 lts/s.

Rh 0.0717 m

Km= 26.998 Rug de canal

n= 0.037

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.712 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n pared= 0.009

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 18.199 Rug. Fondo

n fondo= 0.055

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.039 m2.

Rs= 0.1296

Qs= 0.0054 m3/s.

5.355 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0024 m2.

A total= 0.04125 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.943

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de caída

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R_s}$$

PASO 1:

$v^* = 0.0248 \text{ m/s}$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 878.653$

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

$wd/v = 19$

$w = 0.0517 \text{ m/s}$

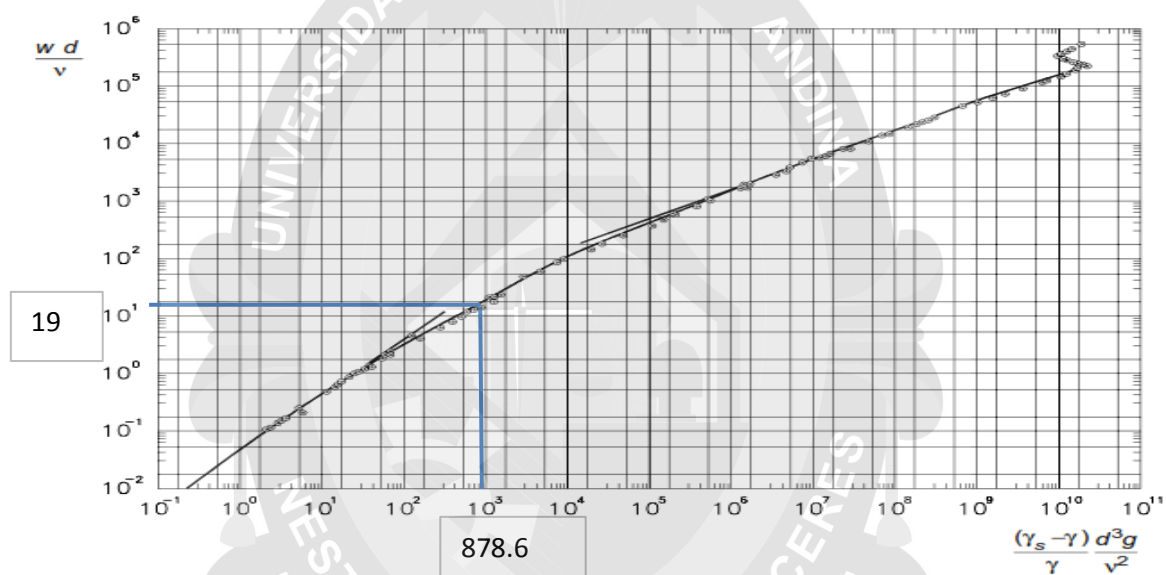
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 0.480$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 9.112$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DEERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr =$

0.119 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu =$

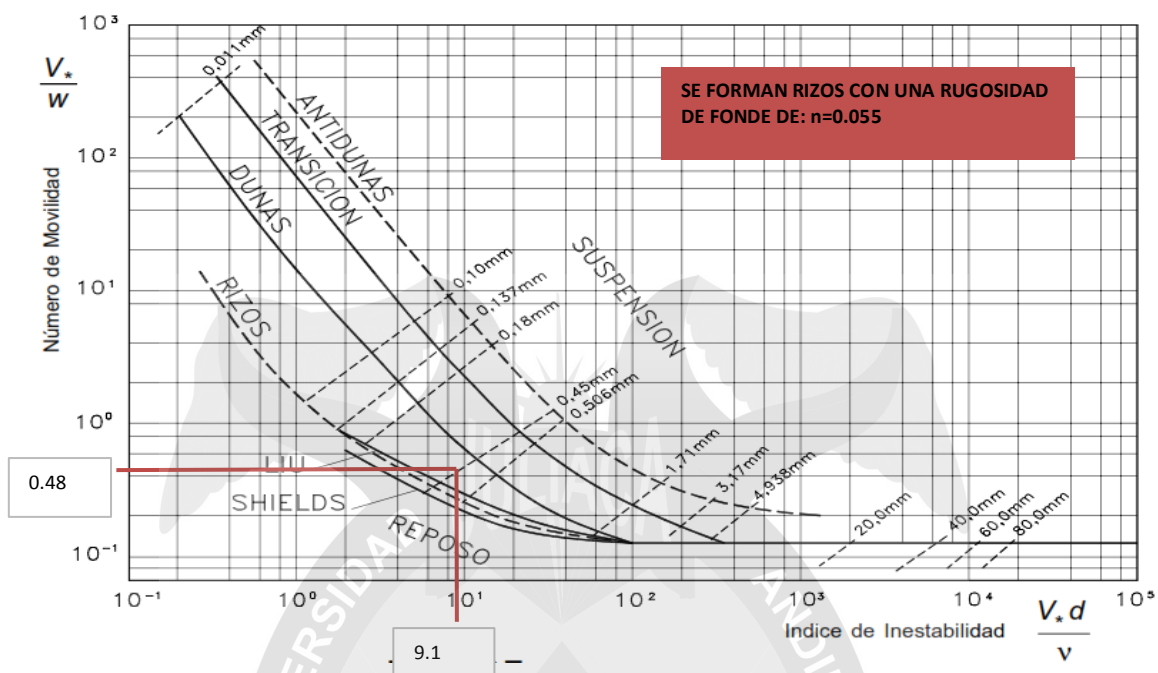
0.118

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación:

$Q_s/Q =$

0.943



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | 0.037 | 0.055 | 0.055 |

Se producen dunas según esta comparación según Rodríguez Díaz, Héctor Alfonso. Curso Hidráulica Fluvial

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA MEDIA DE ILAVE 02

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.1 |
| S= | 0.00175 m/m |

| | |
|-------------------|--------------|
| yt= | 18.1 cm |
| yr= | 13.4 cm |
| b= | 30 cm |
| n1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | |
|------------|------------------------------|
| T°= | 12.1 °C |
| γ= | 1000 kg/m ³ |
| υ= | 1.2383E-06 m ² /s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|-------------|--------------------------|
| γs= | 2454.9 kg/m ³ |
| d50= | 0.00046 |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

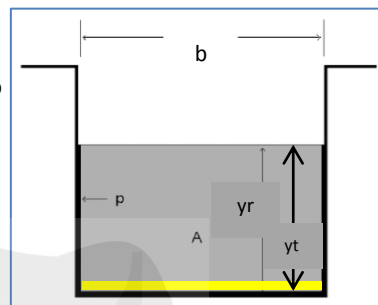
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00175 | |
| Rh | 0.0708 | m |
| p | 0.568 | m |
| yr | 0.134 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.0402 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 16 **LINEAR VELOCITY** 13.77

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.1377 m/s

REEMPLZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.052 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

| | | |
|-----|-------|-----------------------|
| n2= | 0.078 | con n fondo y n pared |
|-----|-------|-----------------------|

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.1377 m/s

corrent=

Q= 0.00554 m3/s.
5.536 lts/s.

Rh 0.0708 m

Km= 19.264 Rug de canal

n= 0.052

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.712 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 12.881 Rug. Fondo

n 0.078

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.039 m2.

Rs= 0.1294

Qs= 0.0053 m3/s.
5.347 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0014 m2.

A total= 0.0402 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.966

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de
caída

PASO 1:

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d50^{1/6}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R s}$$

$v^* = 0.0348$ m/s

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 878.653$

$wd/v = 19$

$w = 0.0517$ m/s

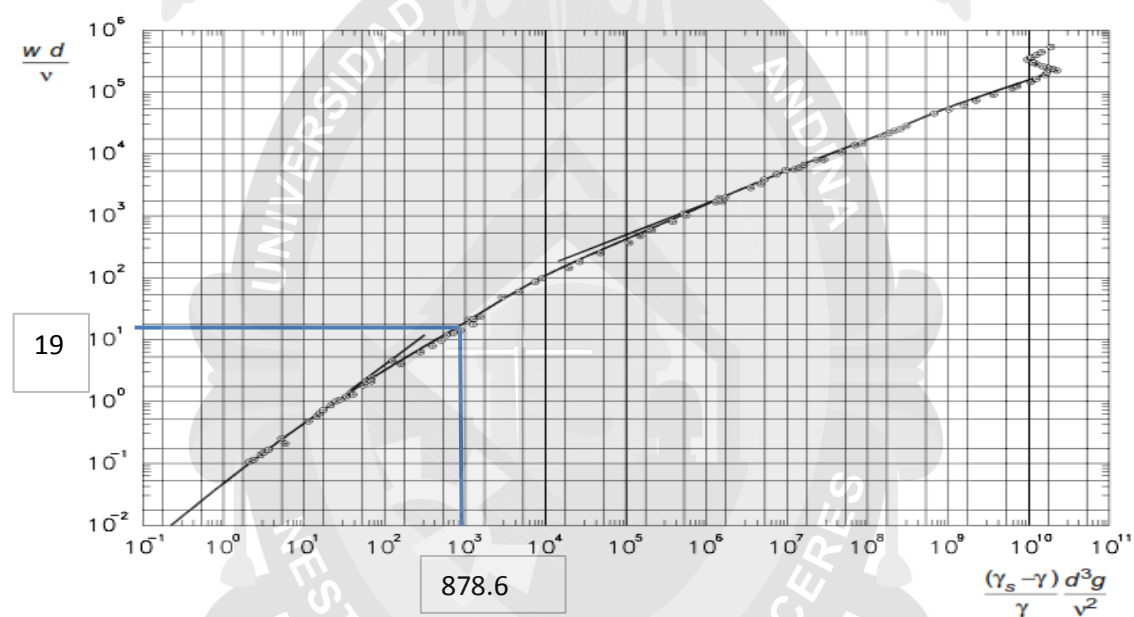
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 0.674$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 12.800$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DEERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr_r = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr =$

0.120 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu =$

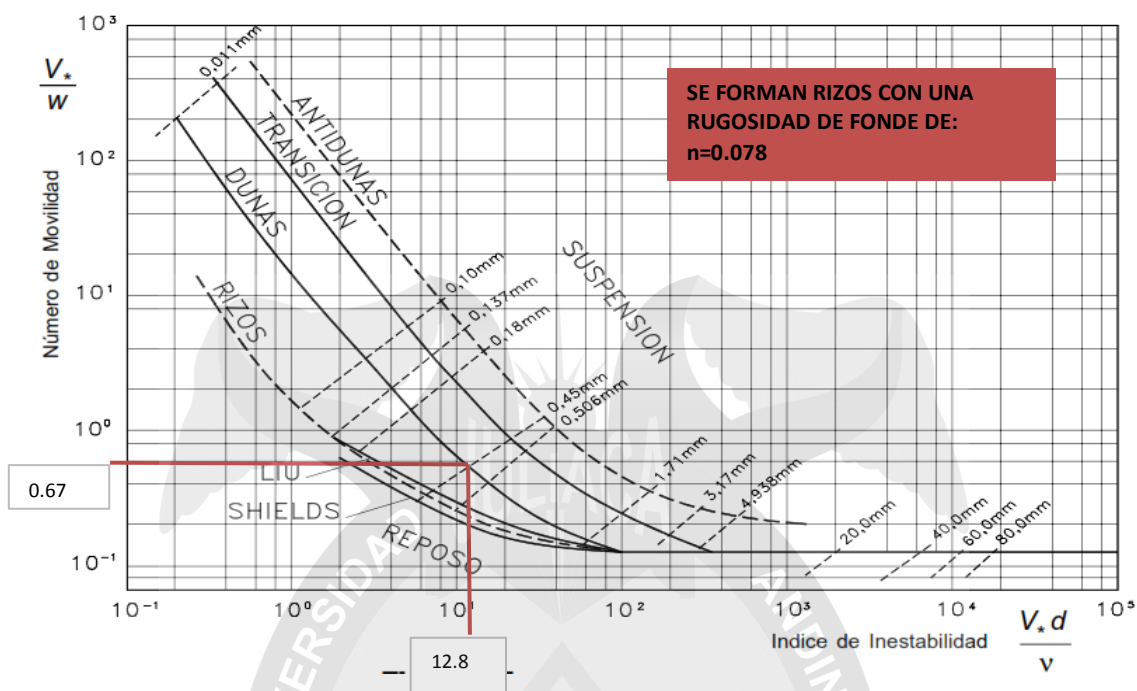
0.070

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación:

$Q_s/Q =$

0.966



| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.052 | 0.078 | 0.078 |

Se producen dunas según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA MEDIA DE ILAVE 03

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.2 |
| S= | 0.00349 m/m |

| | |
|-------------------|--------------|
| yt= | 17.65 cm |
| yr= | 12.95 cm |
| b= | 30 cm |
| n1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | |
|------------|------------------------------|
| T°= | 12.1 °C |
| γ= | 1000 kg/m ³ |
| υ= | 1.2383E-06 m ² /s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|-------------|--------------------------|
| γs= | 2454.9 kg/m ³ |
| d50= | 0.00046 |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

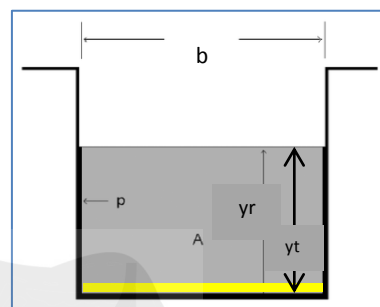
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00349 | |
| Rh | 0.0695 | m |
| p | 0.559 | m |
| yr | 0.1295 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.03885 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 19 **LINEAR VELOCITY** 15.54

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.1554 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.064 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

| | |
|-----|-----------------------------|
| n2= | 0.096 con n fondo y n pared |
|-----|-----------------------------|

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.1554 m/s

corrent=

Q= 0.00604 m3/s.
6.037 lts/s.

Rh 0.0695 m

Km= 15.560 Rug de canal

n= 0.064

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.712 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 10.446 Rug. Fondo

n 0.096

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.038 m2.

Rs= 0.1264

Qs= 0.0059 m3/s.
5.891 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0009 m2.

A total= 0.03885 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.976

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de
caída

PASO 1:

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R s}$$

$v^* = 0.0488 \text{ m/s}$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 878.653$

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

$wd/v = 19$

$w = 0.0517 \text{ m/s}$

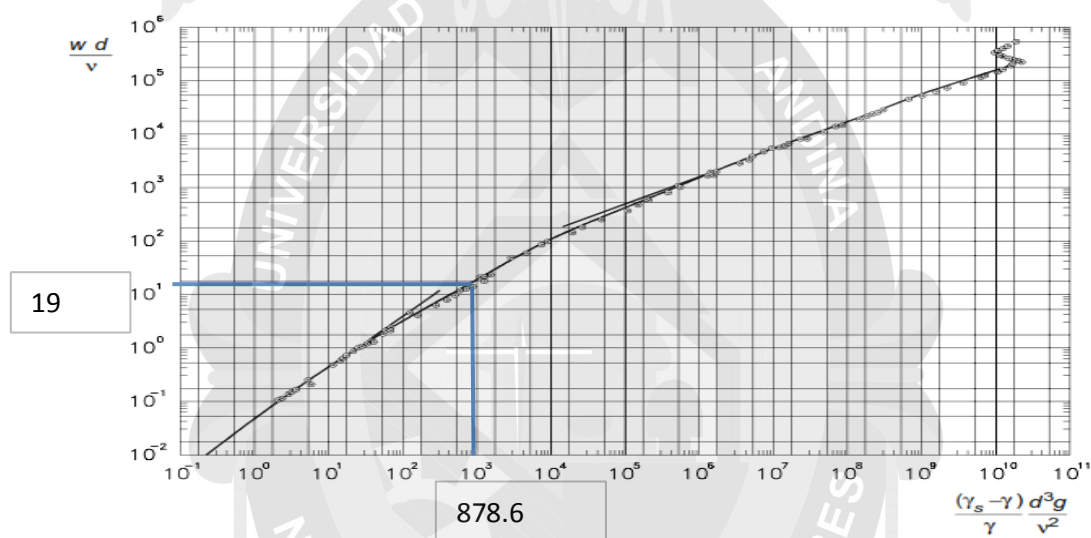
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 0.944$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 17.938$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr =$

0.138 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu =$

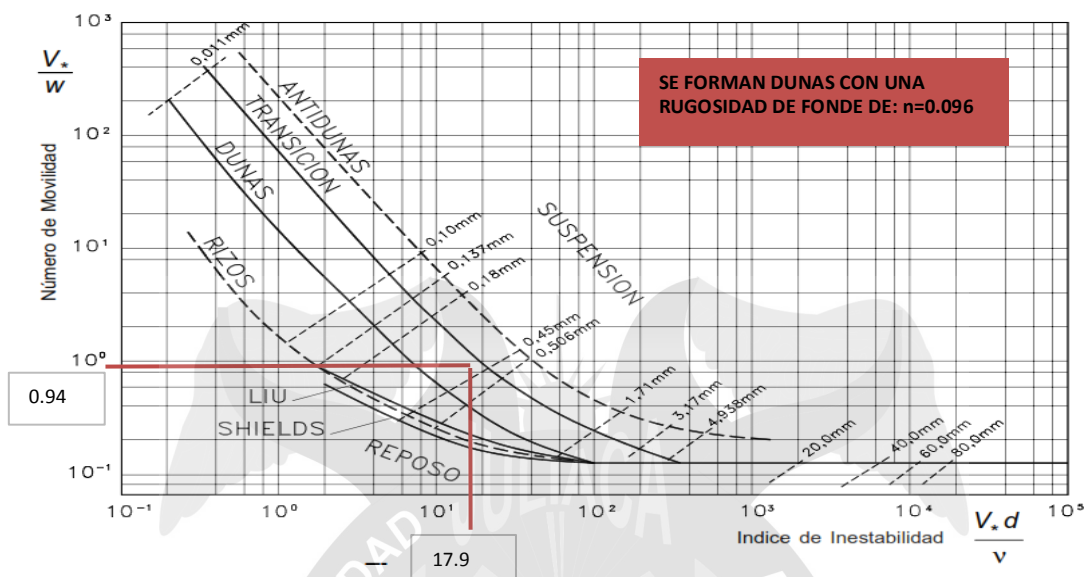
0.051

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación:

$Q_s/Q =$

0.976



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n fondo | n2 fondo y pared | strickler |
|-----------------|-------|-------|---------|------------------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.064 | 0.096 | 0.096 |

Se producen mucho arrastre según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA MEDIA DE ILAVE 04

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.3 |
| S= | 0.00524 m/m |

| | |
|-------------------|--------------|
| yt= | 16.8 cm |
| yr= | 12.1 cm |
| b= | 30 cm |
| n1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | |
|------------|------------------------------|
| T°= | 12.1 °C |
| γ= | 1000 kg/m ³ |
| υ= | 1.2383E-06 m ² /s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|-------------|--------------------------|
| ys= | 2454.9 kg/m ³ |
| d50= | 0.00046 |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

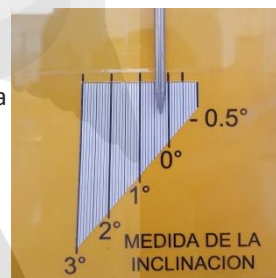
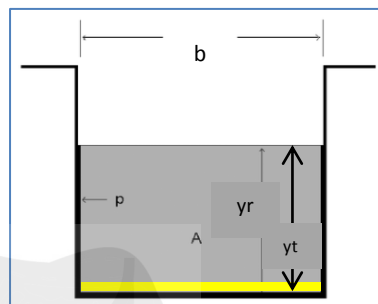
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00524 | |
| Rh | 0.0670 | m |
| p | 0.542 | m |
| yr | 0.121 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.0363 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 22 **LINEAR VELOCITY** 17.31

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.1731 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.069 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

| | |
|-----|-----------------------------|
| n2= | 0.101 con n fondo y n pared |
|-----|-----------------------------|

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.1731 m/s

corrent=

Q= 0.00628 m3/s.
6.284 lts/s.

Rh 0.0670 m

Km= 14.505 Rug de canal

n= 0.069

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.712 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 9.918 Rug. Fondo

n 0.101

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.036 m2.

Rs= 0.1185

Qs= 0.0062 m3/s.
6.151 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0008 m2.

A total= 0.0363 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.979

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de caída

PASO 1:

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d 50^{1/6}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y (K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R s}$$

$v^* = 0.0587$ m/s

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 878.653$

$wd/v = 19$

$w = 0.0517$ m/s

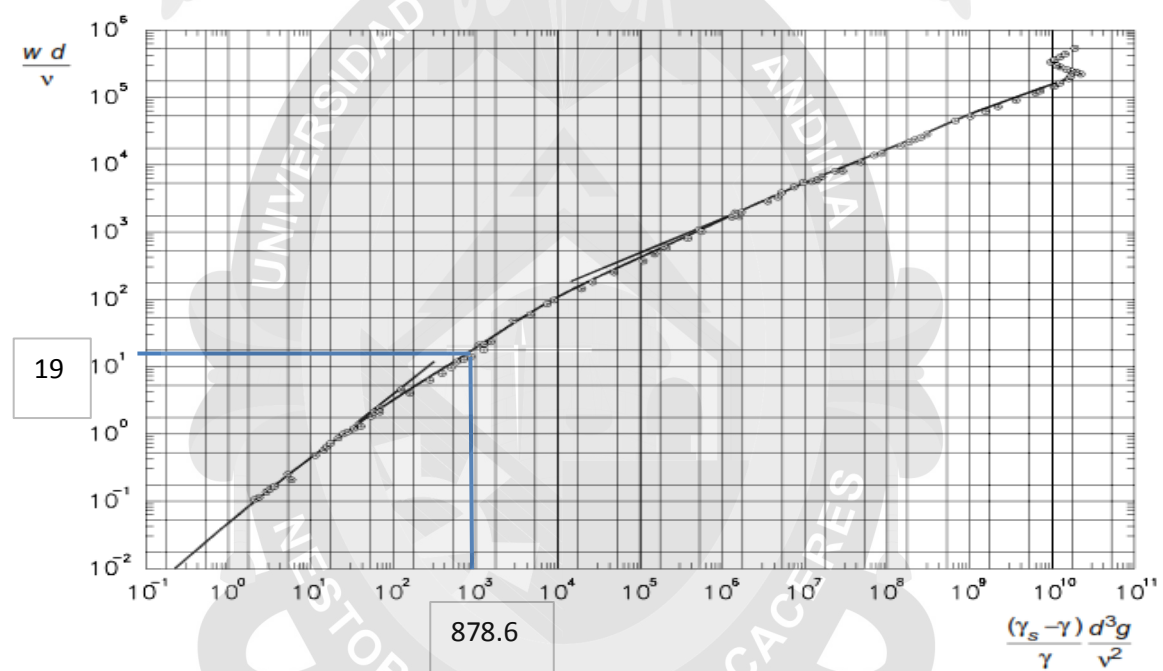
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 1.135$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 21.567$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr =$

0.159 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu =$

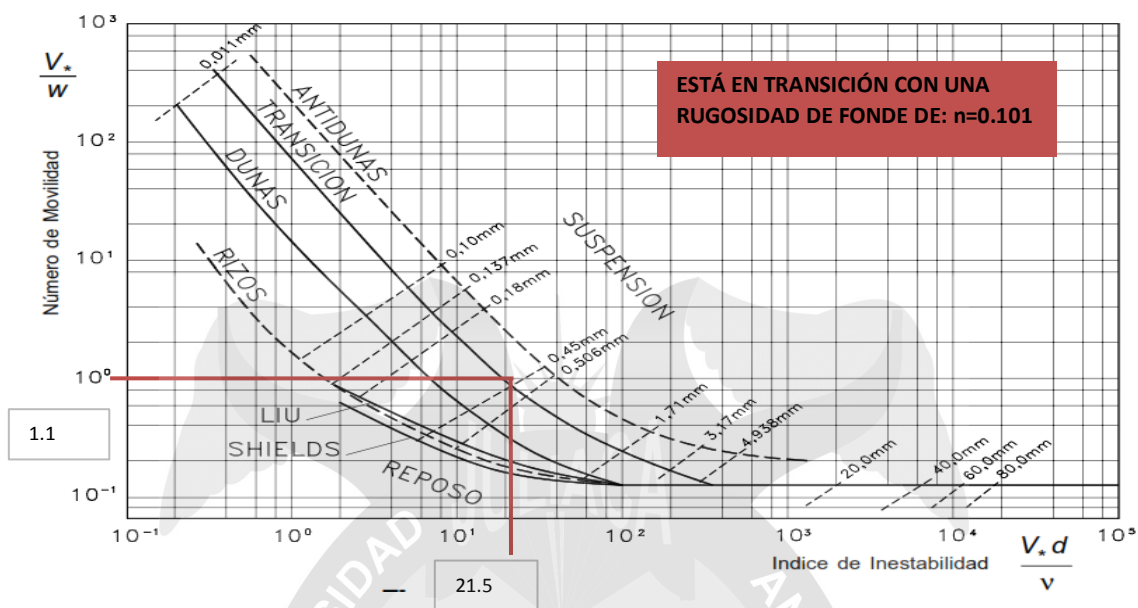
0.047

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación:

$Q_s/Q =$

0.979



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.069 | 0.101 | 0.101 |

Se producen mucho arrastre según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA MEDIA DE ILAVE 05

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.4 |
| S= | 0.00698 m/m |

| | |
|-------------------|--------------|
| yt= | 16 cm |
| yr= | 11.3 cm |
| b= | 30 cm |
| n1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | |
|------------|------------------------------|
| T°= | 12.1 °C |
| γ= | 1000 kg/m ³ |
| υ= | 1.2383E-06 m ² /s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|-------------|--------------------------|
| ys= | 2454.9 kg/m ³ |
| d50= | 0.00046 |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

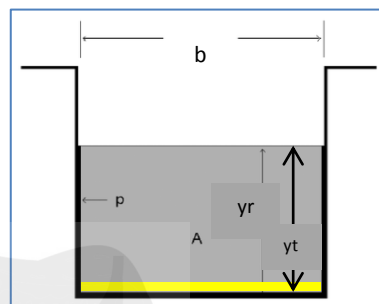
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00698 | |
| Rh | 0.0644 | m |
| p | 0.526 | m |
| yr | 0.113 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.0339 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 25 **LINEAR VELOCITY** 19.08

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.1908 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.070 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} * y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

| | | |
|-----|-------|-----------------------|
| n2= | 0.101 | con n fondo y n pared |
|-----|-------|-----------------------|

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.1908 m/s

corrent=

Q= 0.00647 m3/s.
6.468 lts/s.

Rh 0.0644 m

Km= 14.206 Rug de canal

n= 0.070

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.712 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 9.900 Rug. Fondo

n 0.101

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.033 m2.

Rs= 0.1108

Qs= 0.0063 m3/s.
6.341 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0007 m2.

A total= 0.0339 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.980

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de
caída

PASO 1:

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d50^{1/6}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

OK $A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$

$$v^* = \sqrt{g R s}$$

$v^* = 0.0664 \text{ m/s}$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 878.653$

$wd/v = 19$

$w = 0.0517 \text{ m/s}$

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

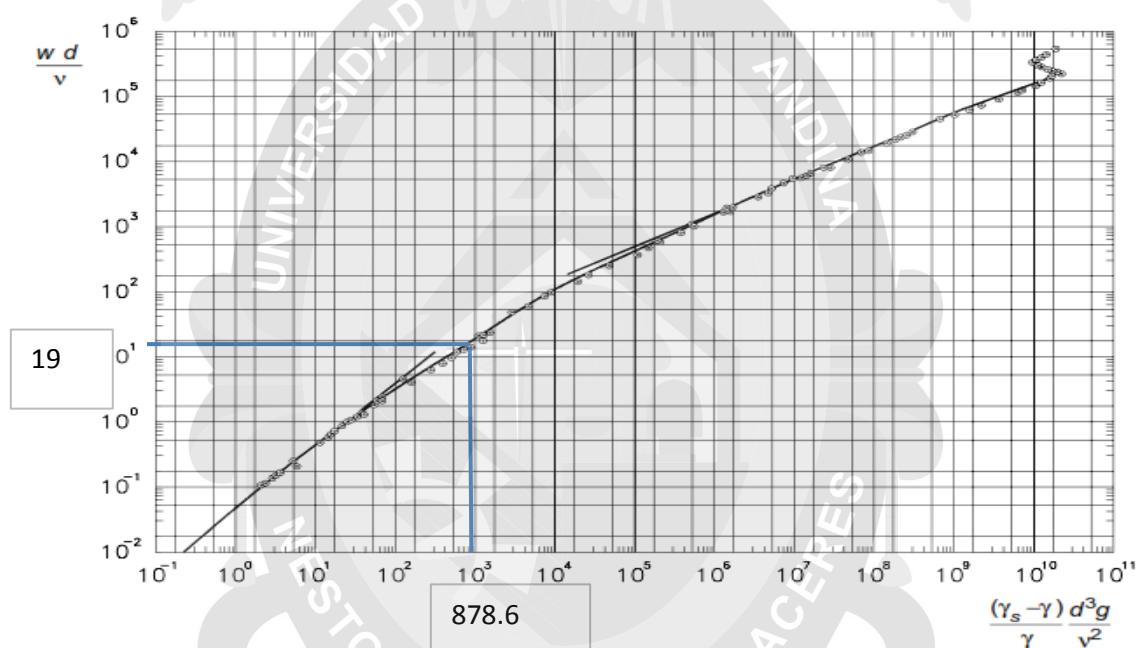
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 1.286$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 24.429$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DEERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g^*y})$

Canales Rectangulares

$Fr =$

0.181 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu =$

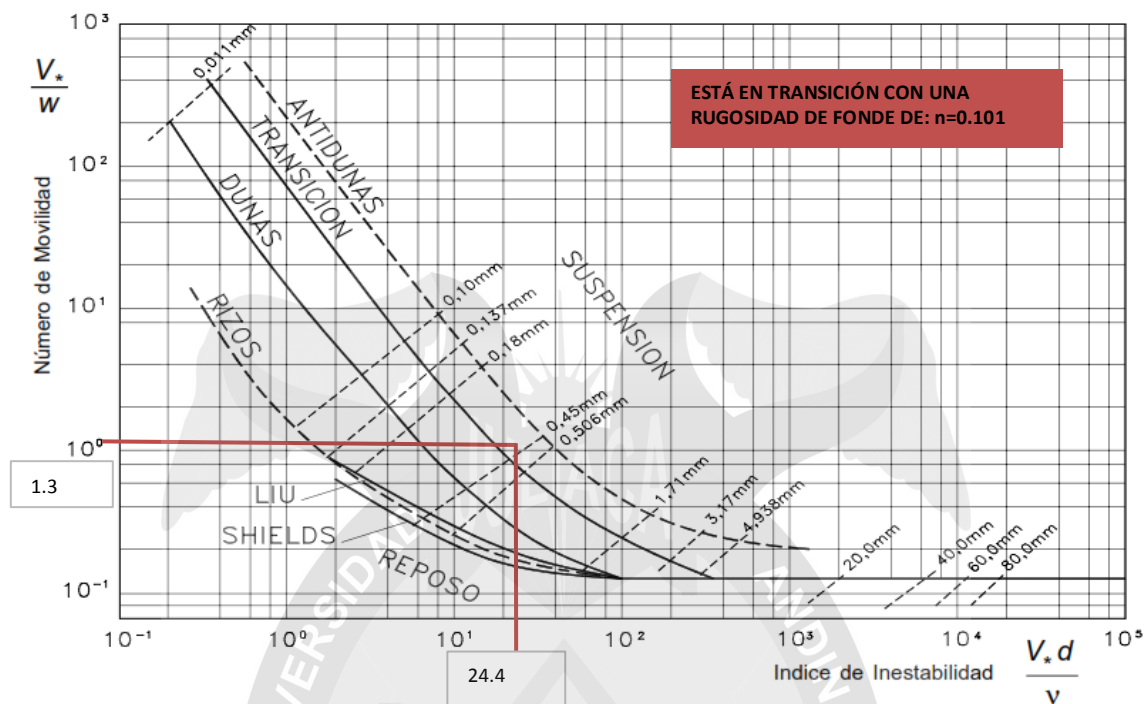
0.047

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación:

$Q_s/Q =$

0.980



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.070 | 0.101 | 0.101 |

Se producen mucho arrastre según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA MEDIA DE ILAVE 06

DATOS DEL CANAL:

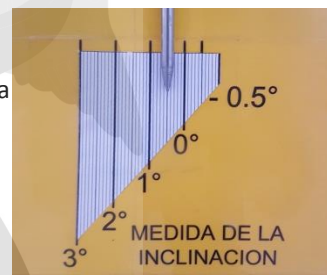
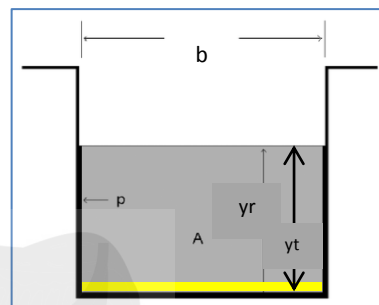
| | | |
|---------------|--------------|----------------------|
| $S^\circ =$ | 0.5 | $b =$ base de canal |
| $S =$ | 0.00873 m/m | $A =$ área |
| $y_t =$ | 15.45 cm | $p =$ perim. Mojado |
| $y_r =$ | 10.75 cm | $y_t =$ altura total |
| $b =$ | 30 cm | $y_r =$ altura real |
| n_1 (pared) | 0.009 vidrio | $n =$ rugosidad |
| n_2 (fondo) | 0.018 ARENA | $v =$ velocidad |

DATOS DEL FLUIDO:

| | | |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|
| $T^\circ =$ | 12.1 $^\circ\text{C}$ | $T^\circ =$ temperatura |
| $\gamma =$ | 1000 kg/m ³ | $\gamma =$ peso específico |
| $\nu =$ | 1.2383E-06 m ² /s | $d =$ diámetro de partícula |
| | | $U =$ viscosidad |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|--------------|--------------------------|
| $\gamma_s =$ | 2454.9 kg/m ³ |
| $d_{50} =$ | 0.00046 |



PARA MANNING

| | |
|--------|--------------|
| ϕ | 1.000054796 |
| n_1 | 0.009 vidrio |
| n_2 | 0.018 ARENA |
| S_o | 0.00873 |
| R_h | 0.0626 m |
| p | 0.515 m |
| y_r | 0.1075 m |
| b | 0.3 m |
| área | 0.03225 |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 27 LINEAR VELOCITY 20.26

LINEAR VELOCITY 134 INDICATOR READING 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.2026 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.073 n de fondo

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

n2= 0.103 con n fondo y n pared

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.2026 m/s

corrent=

Q= 0.00653 m3/s.
6.534 lts/s.

Rh 0.0626 m

Km= 13.753 Rug de canal

n= 0.073

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.712 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 9.711 Rug. Fondo

n 0.103

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.032 m2.

Rs= 0.1055

Qs= 0.0064 m3/s.
6.415 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0006 m2.

A total= 0.03225 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.982

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de
caída

PASO 1:

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y (K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R_s}$$

$v^* = 0.0732$ m/s

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

Yalin = 878.653

$wd/v = 19$

$w = 0.0517$ m/s

$$Yalin = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

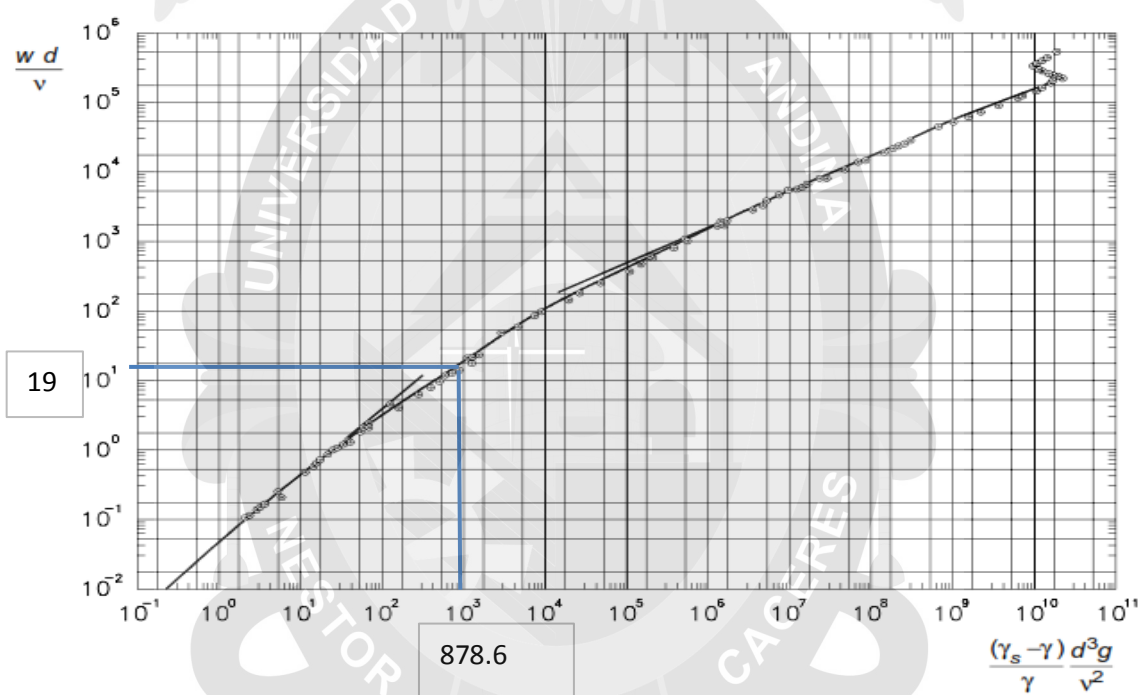
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 1.417$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 26.923$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr = 0.197 < 1$

Flujo subcrítico

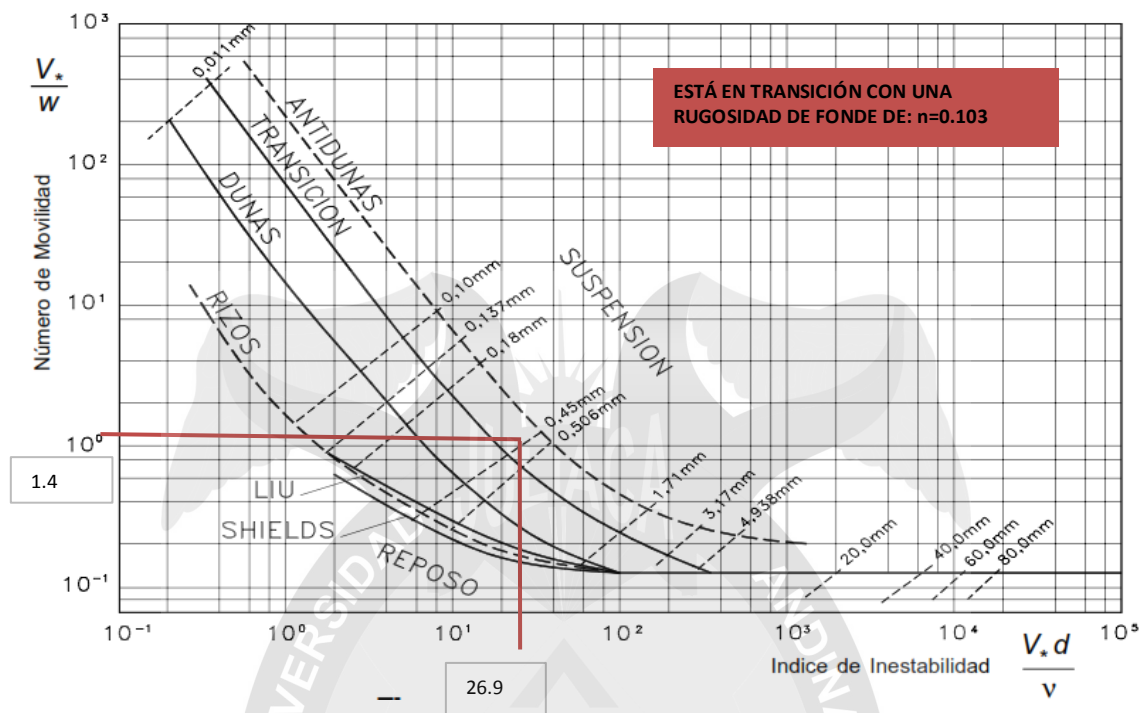
VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu = 0.046$

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación: $Q_s/Q = 0.982$

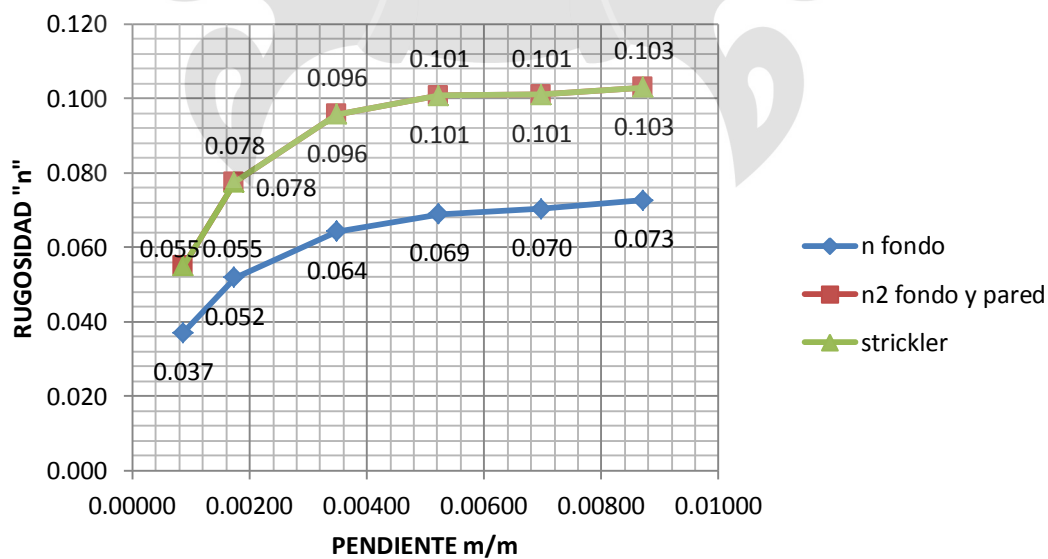


COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.073 | 0.103 | 0.103 |

Se producen mucho arrastre según esta comparación

ARENA MEDIA EN LA CANTERA ILAVE



En la presente gráfica se puede observar que las formulas aplicadas tienen una cierta igualdad entre el N2 FONDO Y PARED DE MANNING y N FONDO STRICKLER siendo estas más cercanas a un valor real debido a que utilizan formulas compuestas mientras que N FONDO DE MANNING es una fórmula que utiliza solo un valor de "n" sin considerar pared ni otros factores. se observa que a medida que la pendiente aumenta el valor de "n" también aumenta teniendo en resumen la siguiente tabla en contraste con la gráfica mostrada:

| PENDIENTE Ángulo ° | PENDIENTE m/m | n fondo Manning | n2 fondo y pared Manning | n fondo strickler |
|-----------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 0.05 | 0.00087 | 0.037 | 0.055 | 0.055 |
| 0.1 | 0.00174533 | 0.052 | 0.078 | 0.078 |
| 0.2 | 0.00349067 | 0.064 | 0.096 | 0.096 |
| 0.3 | 0.00523604 | 0.069 | 0.101 | 0.101 |
| 0.4 | 0.00698143 | 0.070 | 0.101 | 0.101 |
| 0.5 | 0.00872687 | 0.073 | 0.103 | 0.103 |

Fuente: Propia.

4.1.2 CANTERA DE LARAQUERI:

4.1.2.1 MACRO Y MICRO RUGOSIDAD PARA ARENA FINA EN LA CANTERA LARAQUERI:

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA FINA DE LARAQUERI 01

DATOS DEL CANAL:

| | |
|---------------|-------------|
| $S^{\circ} =$ | 0.05 |
| $S =$ | 0.00087 m/m |

| | | |
|---------------|-------|--------|
| $y_t =$ | 14 | cm |
| $y_r =$ | 9 | cm |
| $b =$ | 30 | cm |
| n_1 (pared) | 0.009 | vidrio |
| n_2 (fondo) | 0.018 | ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | | |
|---------------|------------|-----------------------|
| $T^{\circ} =$ | 12.1 | $^{\circ}\text{C}$ |
| $\gamma =$ | 1000 | kg/m^3 |
| $\nu =$ | 1.2383E-06 | m^2/s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | | |
|--------------|----------|-----------------|
| $\gamma_s =$ | 2454.9 | kg/m^3 |
| $d_{50} =$ | 0.000475 | |

$b =$ base de canal

$A =$ área

$p =$ perim. Mojado

$y_t =$ altura total

$y_r =$ altura real

$n =$ rugosidad

$v =$ velocidad

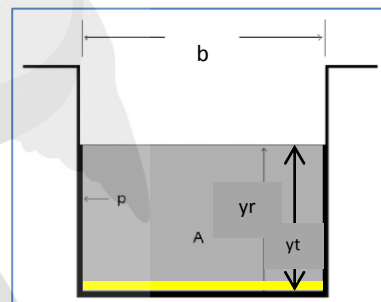
$s =$ pendiente

$T^{\circ} =$ temperaruta

$\gamma =$ peso específico

$d =$ diámetro de partícula

$\nu =$ viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|--------|-------------|----------|
| ϕ | 1.000054796 | |
| n_1 | 0.009 | vidrio |
| n_2 | 0.018 | ARENA |
| S_o | 0.00087 | |
| R_h | 0.0563 | m |
| p | 0.48 | m |
| y_r | 0.09 | m vidrio |
| b | 0.3 | m ARENA |
| área | 0.027 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 23 LINEAR VELOCITY 19.08

LINEAR VELOCITY 134 INDICATOR READING 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.1908 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.023 n de fondo

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

n1= rugosidad de la pared del canal

n2= rugosidad de la base del canal

yr= altura alcanzada por el agua en la pared del canal

b= altura alcanzada por el agua en la base del canal

v= velocidad

n2= 0.029 con n fondo y n pared

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.1908 m/s

corrent=

Q= 0.00515 m3/s.

5.152 lts/s.

Rh 0.0563 m

Km= 43.995 Rug de canal

n= 0.023

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.176 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n pared= 0.009

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 34.334 Rug. Fondo

n fondo= 0.029

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.024 m2.

Rs= 0.0816

Qs= 0.0047 m3/s.

4.670 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0025 m2.

A total= 0.027 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.907

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{maning} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{pared}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v^*/w número de movilidad

$v^*=$ velocidad de corte

$w=$ velocidad de caída

$$v^* = \sqrt{gRs}$$

PASO 1:

$v^*=$ 0.0219 m/s

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

Yalin= 998.477

$wd/v=$ 20

$w=$ 0.0521 m/s

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{\nu^2}$$

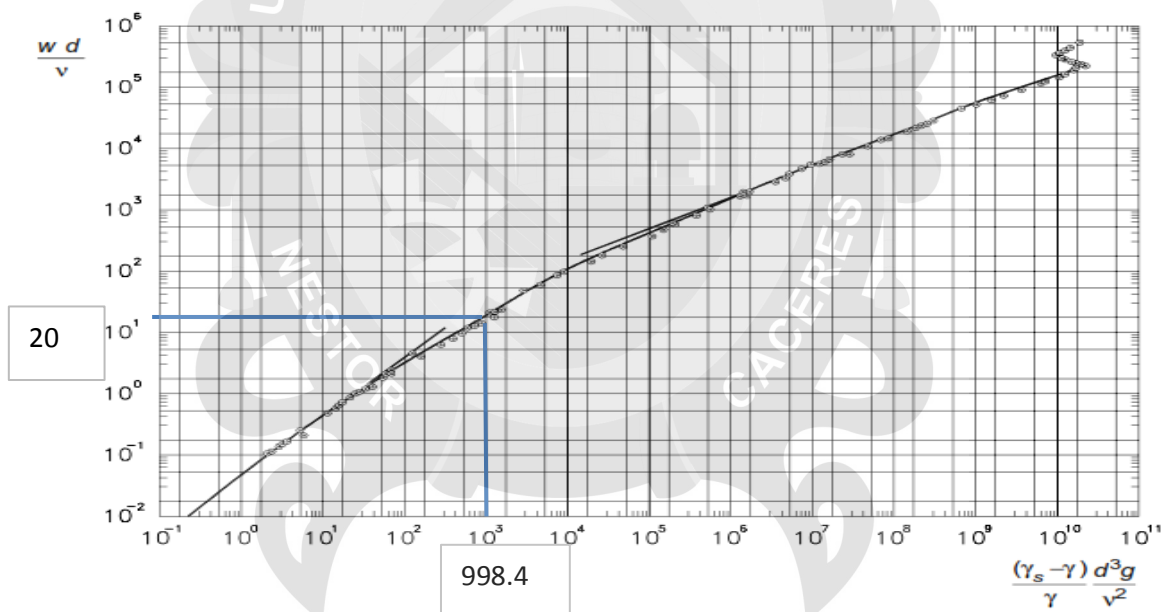
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w=$ 0.421

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/\nu=$ 8.420

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DEERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$$Fr = v / (\sqrt{g \cdot y})$$

Canales Rectangulares

$$Fr =$$

$$0.203 < 1$$

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$$\mu =$$

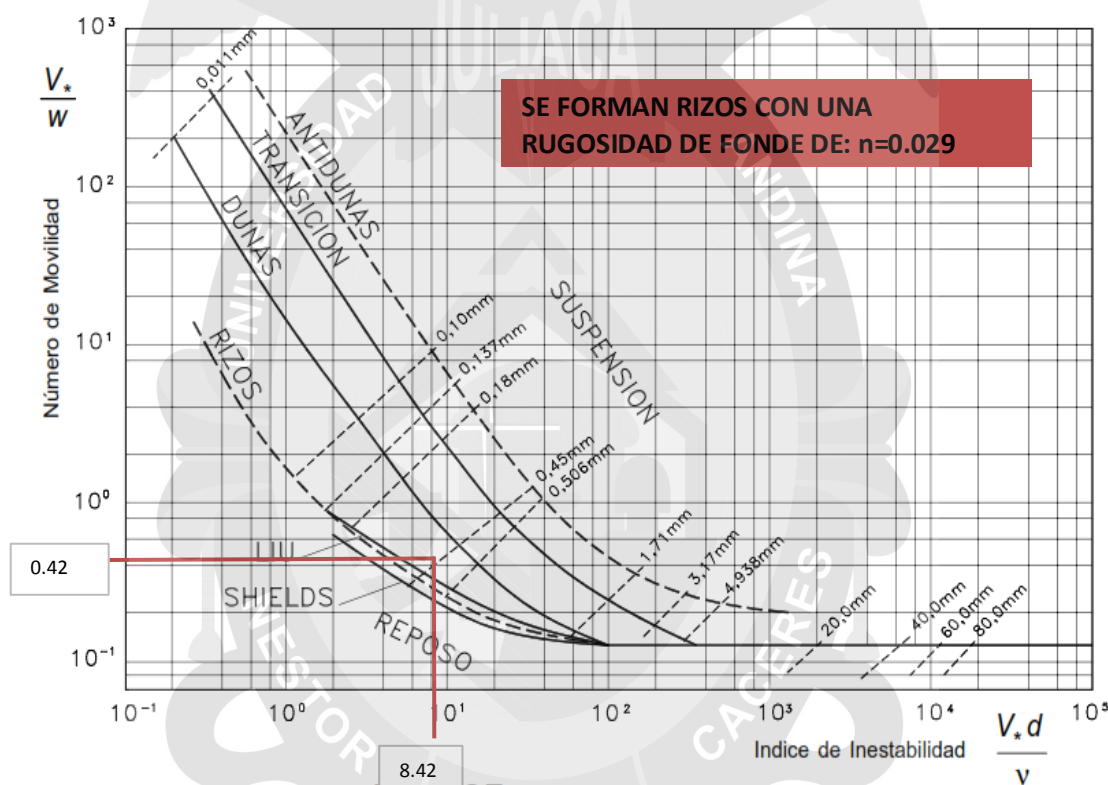
$$0.309$$

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación:

$$Q_s/Q =$$

$$0.907$$



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIRDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | 0.023 | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | 0.023 | 0.029 | 0.029 |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | 0.023 | 0.029 | 0.029 |

Se producen rizos y rizos sobre dunas según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA FINA DE LARAQUERI 02

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.1 |
| S= | 0.00175 m/m |

| | | |
|-------------------|-------|--------|
| yt= | 14 | cm |
| yr= | 9 | cm |
| b= | 30 | cm |
| n1 (pared) | 0.009 | vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 | ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | | |
|------------|------------|-------------------|
| T°= | 12.1 | °C |
| γ= | 1000 | kg/m ³ |
| υ= | 1.2383E-06 | m ² /s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | | |
|-------------|----------|-------------------|
| γs= | 2454.9 | kg/m ³ |
| d50= | 0.000475 | |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

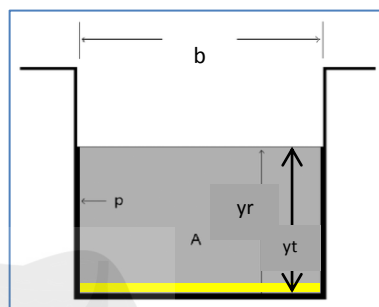
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00175 | |
| Rh | 0.0563 | m |
| p | 0.48 | m |
| yr | 0.09 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.027 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 22 **LINEAR VELOCITY** 19.08

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.1908 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.032 n de fondo

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

| | |
|-----|-----------------------------|
| n2= | 0.042 con n fondo y n pared |
|-----|-----------------------------|

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.1908 m/s

corrent=

Q= 0.00515 m3/s.
5.152 lts/s.

Rh 0.0563 m

Km= 31.109 Rug de canal

n= 0.032

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.176 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 23.624 Rug. Fondo

n 0.042

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.025 m2.

Rs= 0.0850

Qs= 0.0049 m3/s.
4.865 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0015 m2.

A total= 0.027 m2.

SE RELACIÓN

Qs/Q= 0.944

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de
caída

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R s}$$

PASO 1:

$v^* = 0.0310 \text{ m/s}$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 998.477$

$w d / v = 19$

$w = 0.0495 \text{ m/s}$

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

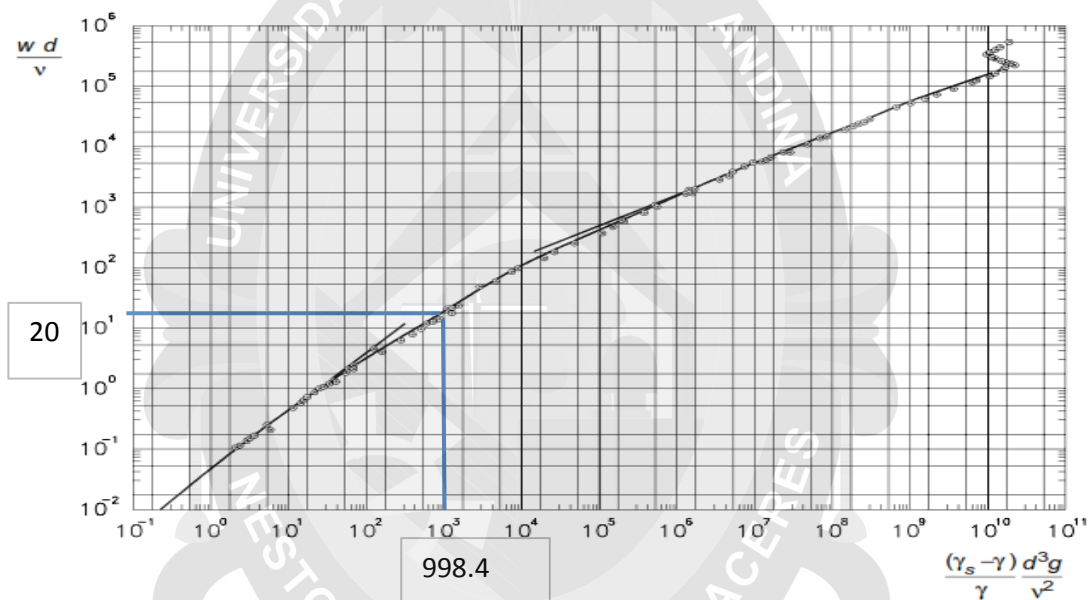
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^* / w = 0.627$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^* d / v = 11.908$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v / (\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr =$

0.203 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu =$

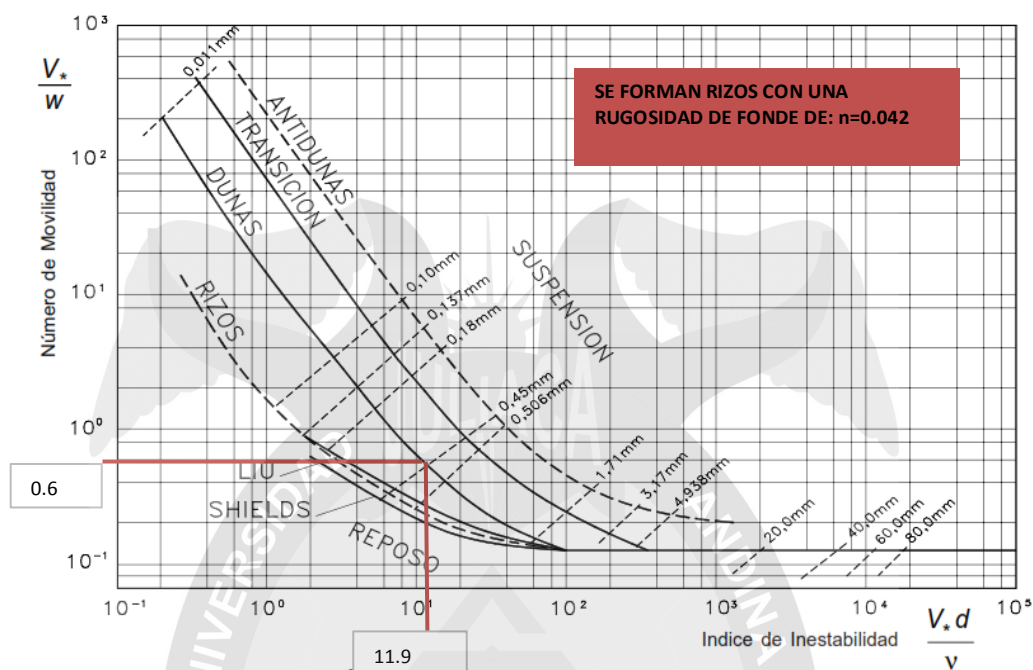
0.176

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación:

$Q_s / Q =$

0.944



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | 0.032 | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | 0.032 | 0.042 | 0.042 |

Se producen rizos sobre dunas según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA FINA DE LARAQUERI 03

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.2 |
| S= | 0.00349 m/m |

| | | |
|-------------------|-------|--------|
| yt= | 13.2 | cm |
| yr= | 8.2 | cm |
| b= | 30 | cm |
| n1 (pared) | 0.009 | vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 | ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | | |
|------------|------------|-------------------|
| T°= | 12.1 | °C |
| γ= | 1000 | kg/m ³ |
| υ= | 1.2383E-06 | m ² /s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | | |
|-------------|----------|-------------------|
| γs= | 2454.9 | kg/m ³ |
| d50= | 0.000475 | |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

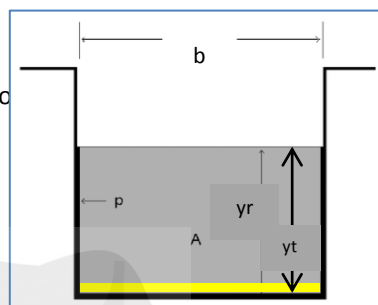
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00349 | |
| Rh | 0.0530 | m |
| p | 0.464 | m |
| yr | 0.082 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.0246 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 28 **LINEAR VELOCITY** 22.03

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.2203 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.038 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

n2= 0.049 con n fondo y n pared

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.2203 m/s

corrent=

Q= 0.00542 m3/s.
5.419 lts/s.

Rh 0.0530 m

Km= 26.421 Rug de canal

n= 0.038

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.176 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 20.314 Rug. Fondo

n 0.049

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.024 m2.

Rs= 0.0786

Qs= 0.0052 m3/s.
5.197 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0010 m2.

A total= 0.0246 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.959

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de
caída

PASO 1:

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y (K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R s}$$

$v^* = 0.0426 \text{ m/s}$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 998.477$

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

$wd/v = 19$

$w = 0.0495 \text{ m/s}$

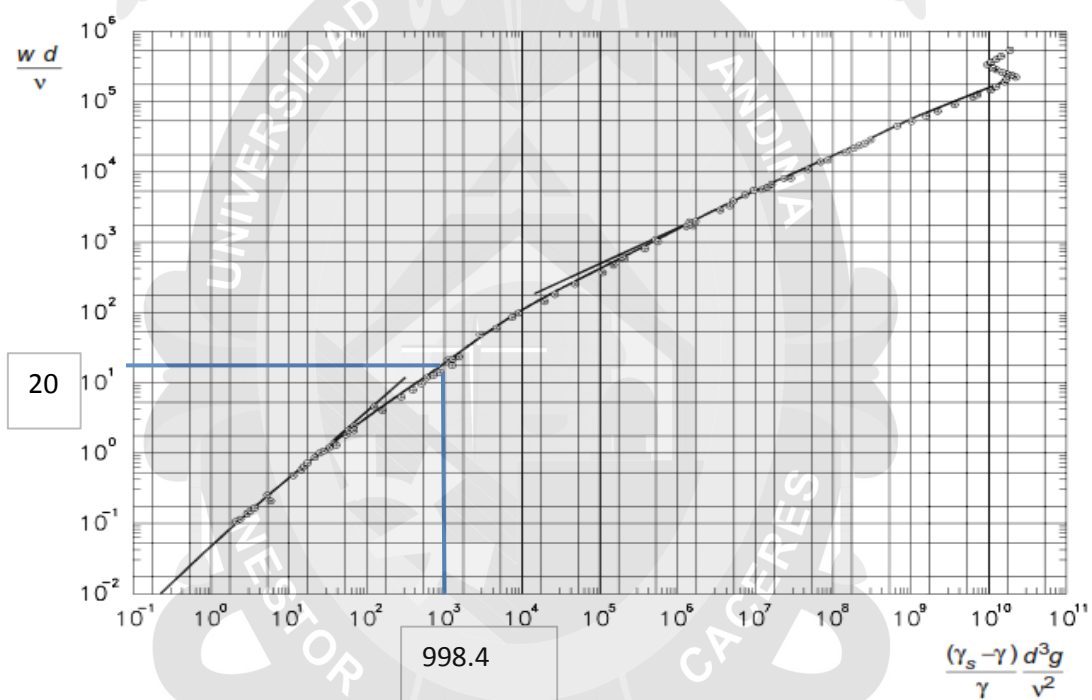
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 0.860$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 16.349$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DEERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr =$

0.246 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu =$

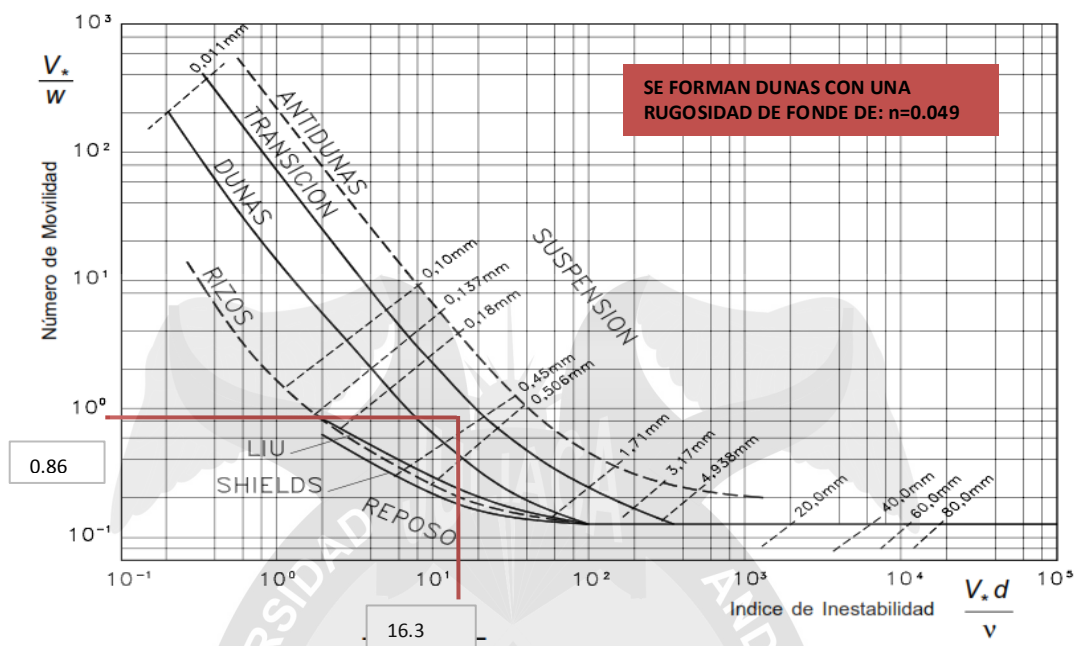
0.140

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación:

$Q_s/Q =$

0.959



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | 0.038 | | |
| | | | 0.038 | 0.049 | 0.049 |

Se producen dunas y mucho arrastre según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA FINA DE LARAQUERI 04

DATOS DEL CANAL:

| | |
|--------------------------|------------------------------|
| S°= | 0.3 |
| S= | 0.00524 m/m |
| yt= | 12.5 cm |
| yr= | 7.5 cm |
| b= | 30 cm |
| n1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 ARENA |
| DATOS DEL FLUIDO: | |
| T°= | 12.1 °C |
| γ= | 1000 kg/m ³ |
| υ= | 1.2383E-06 m ² /s |
| DATOS DEL SOLIDO: | |
| γs= | 2454.9 kg/m ³ |
| d50= | 0.000475 |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

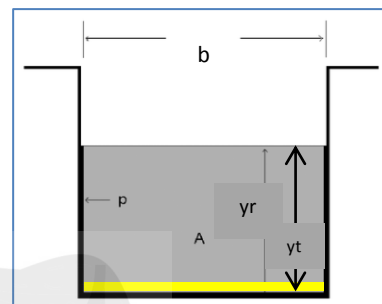
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00524 | |
| Rh | 0.0500 | m |
| p | 0.45 | m |
| yr | 0.075 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.0225 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

| | | | |
|--------------------------|-----|--------------------------|--------|
| INDICATOR READING | 32 | LINEAR VELOCITY | 24.39 |
| LINEAR VELOCITY | 134 | INDICATOR READING | 220.43 |

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.2439 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.046 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

| | |
|-----|-----------------------------|
| n2= | 0.060 con n fondo y n pared |
|-----|-----------------------------|

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

| | | | |
|---|---------------------|----------------|---|
| V | 0.2439 | m/s | |
| corrent= | | | |
| Q= | 0.00549 | m3/s. | |
| | 5.488 | lts/s. | |
| Rh | 0.0500 | m | |
| Km= | 24.835 | Rug de canal | |
| n= | 0.040 | | $K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$ |
| MICRO RUGOSIDAD | | | |
| Kr= | 75.176 | microrugosidad | $K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$ |
| n= | 0.013 | | |
| RUGOSIDAD DE LA PARED | | | |
| n | 0.009 | | $K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$ |
| pared= | | | |
| Kw= | 111.111 | Rug. Pared | |
| RUGOSIDAD DE FONDO | | | |
| Ks= | 19.411 | Rug. Fondo | $K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$ |
| n | 0.052 | | |
| fondo= | | | |
| CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS | | | |
| As= | 0.022 | m2. | $A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$ |
| Rs= | 0.0724 | | |
| Qs= | 0.0053 | m3/s. | |
| | 5.294 | lts/s. | $A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$ |
| VERIFICACIÓN | | | |
| Aw= | 0.0008 | m2. | |
| A total= | 0.0225 | m2. | OK |
| SE RELACIÓN | | | |
| Qs/Q= | 0.965 | | |
| FASE DE TRANSPORTE | | | $v^* = \sqrt{g R s}$ |
| Hallamos el número de movilidad | | | |
| v*/w | numero de movilidad | | |
| v*= | velocidad de corte | | |
| w= | velocidad de caída | | $Y_{\text{alin}} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$ |

PASO 1:

$v^* = 0.0507 \text{ m/s}$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 998.477$

$wd/v = 19$

$w = 0.0495 \text{ m/s}$

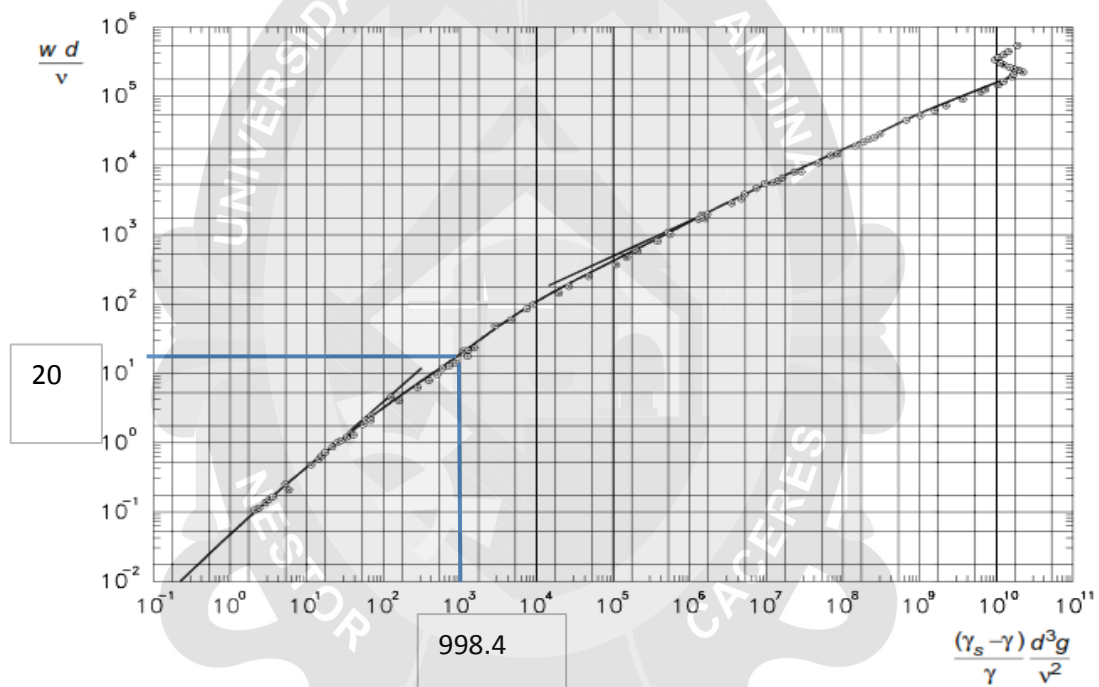
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 1.023$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 19.446$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DEERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr =$

0.284 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu =$

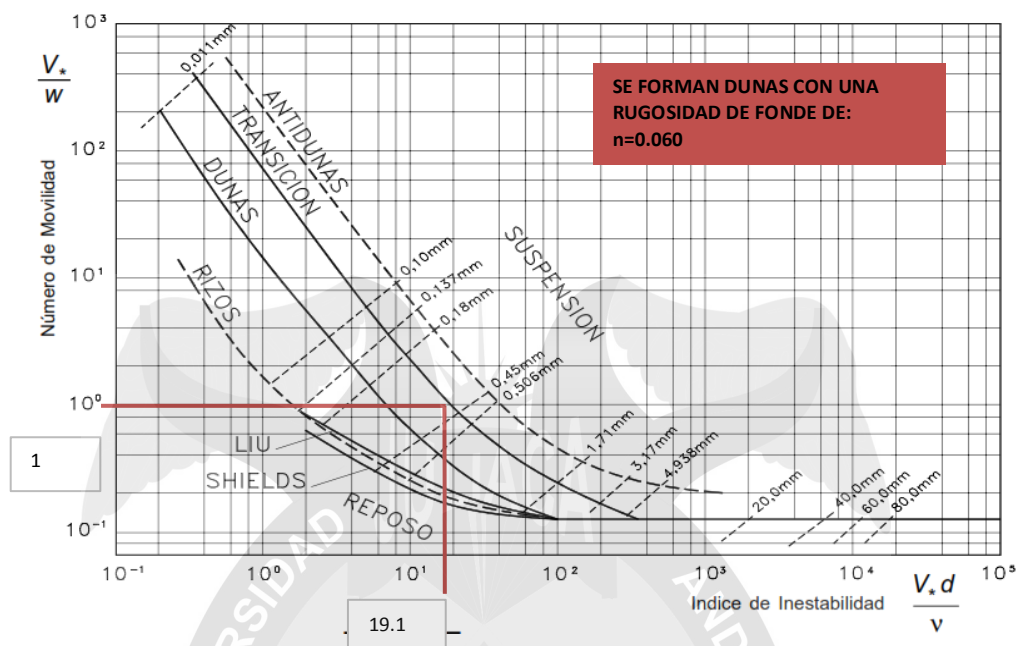
0.131

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v}\right)^{3/2}$$

Relación:

$Q_s/Q =$

0.965



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.046 | 0.060 | 0.060 |

Se producen mucho arrastre según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA FINA DE LARAQUERI 05

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.4 |
| S= | 0.00698 m/m |

| | | |
|-------------------|-------|--------|
| yt= | 11.9 | cm |
| yr= | 6.9 | cm |
| b= | 30 | cm |
| n1 (pared) | 0.009 | vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 | ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | | |
|------------|------------|-------|
| T°= | 12.1 | °C |
| γ= | 1000 | kg/m3 |
| υ= | 1.2383E-06 | m2./s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | | |
|-------------|----------|-------|
| ys= | 2454.9 | kg/m3 |
| d50= | 0.000475 | |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

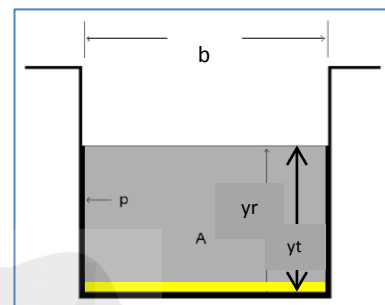
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00698 | |
| Rh | 0.0473 | m |
| p | 0.438 | m |
| yr | 0.069 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.0207 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 34 **LINEAR VELOCITY** 24.39

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.2439 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.045 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

| | | |
|-----|-------|-----------------------|
| n2= | 0.057 | con n fondo y n pared |
|-----|-------|-----------------------|

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.2439 m/s

corrent=

Q= 0.00505 m3/s.
5.049 lts/s.

Rh 0.0473 m

Km= 22.331 Rug de canal

n= 0.045

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.176 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 17.688 Rug. Fondo

n 0.057

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.020 m2.

Rs= 0.0670

Qs= 0.0049 m3/s.
4.905 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0006 m2.

A total= 0.0207 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.972

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de
caída

PASO 1:

v*= 0.0569 m/s

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R s}$$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

Yalin= 998.477

wd/v= 19

w= 0.0495 m/s

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

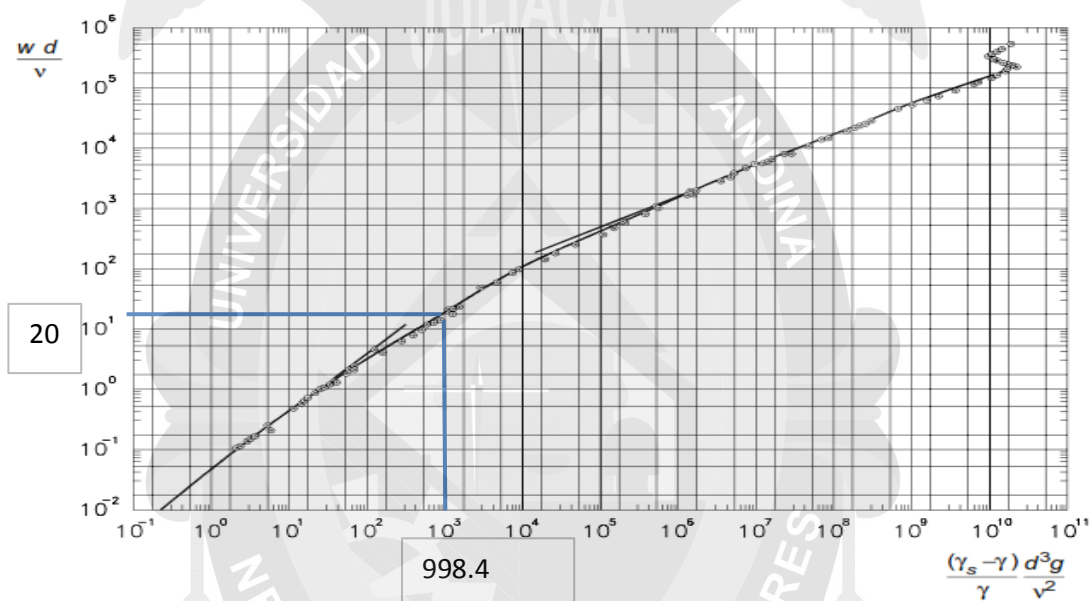
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

v*/w= 1.149

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

v*d/u= 21.830

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr_r = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

Fr=v/(√g*y)

Canales Rectangulares

Fr=

0.296 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ:

μ=

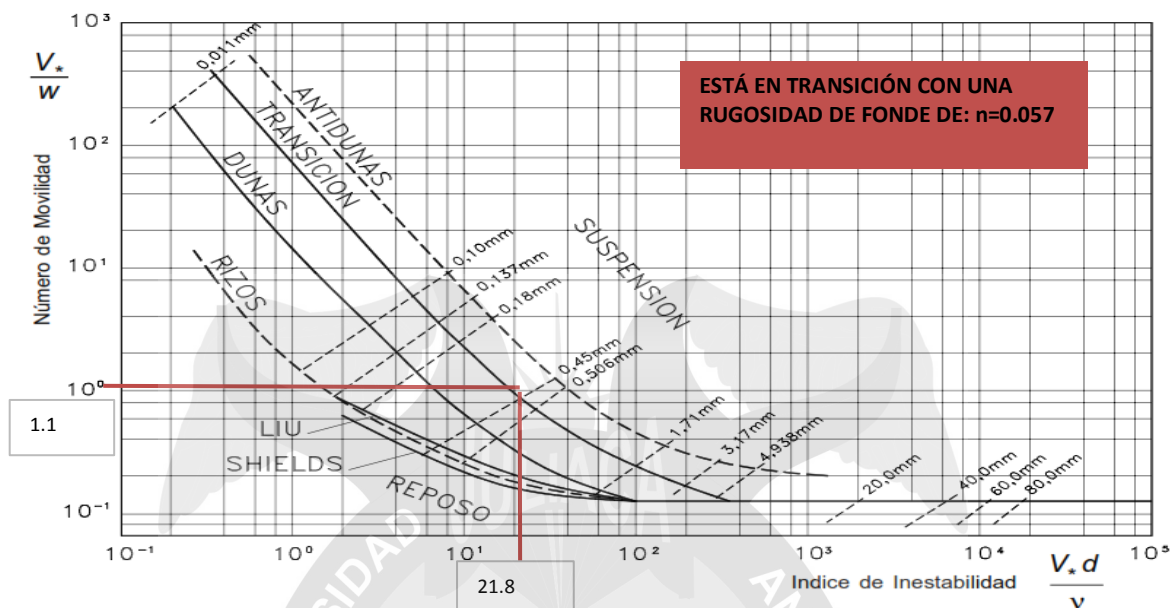
0.114

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación:

Qs/Q=

0.972



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIRDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.045 | 0.057 | 0.057 |

Se producen mucho arrastre según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA FINA DE

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.5 |
| S= | 0.00873 m/m |

| | |
|-------------------|--------------|
| yt= | 11.1 cm |
| yr= | 6.1 cm |
| b= | 30 cm |
| n1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | |
|------------|------------------------------|
| T°= | 12.1 °C |
| γ= | 1000 kg/m ³ |
| υ= | 1.2383E-06 m ² /s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|-------------|--------------------------|
| γs= | 2454.9 kg/m ³ |
| d50= | 0.000475 |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

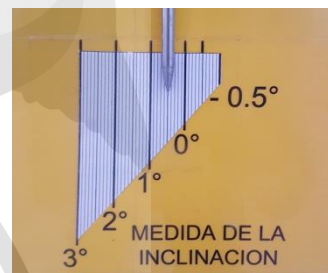
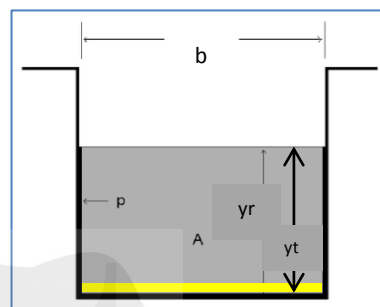
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00873 | |
| Rh | 0.0434 | m |
| p | 0.422 | m |
| yr | 0.061 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.0183 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 38 **LINEAR VELOCITY** 29.11

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.2911 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.0396 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} \chi S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} \chi y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

| | |
|-----|------------------------------|
| n2= | 0.0487 con n fondo y n pared |
|-----|------------------------------|

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.2911 m/s

corrent=

Q= 0.00533 m3/s.
5.327 lts/s.

Rh 0.0434 m

Km= 25.246 Rug de canal

n= 0.040

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.176 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 20.540 Rug. Fondo

n 0.049

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.018 m2.

Rs= 0.0591

Qs= 0.0052 m3/s.
5.160 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0006 m2.

A total= 0.0183 m2.

SE RELACIÓN

Qs/Q= 0.969

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de
caída

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2} n_{\text{manning}}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R s}$$

PASO 1:

$v^* = 0.0609 \text{ m/s}$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 998.477$

$wd/v = 19$

$w = 0.0495 \text{ m/s}$

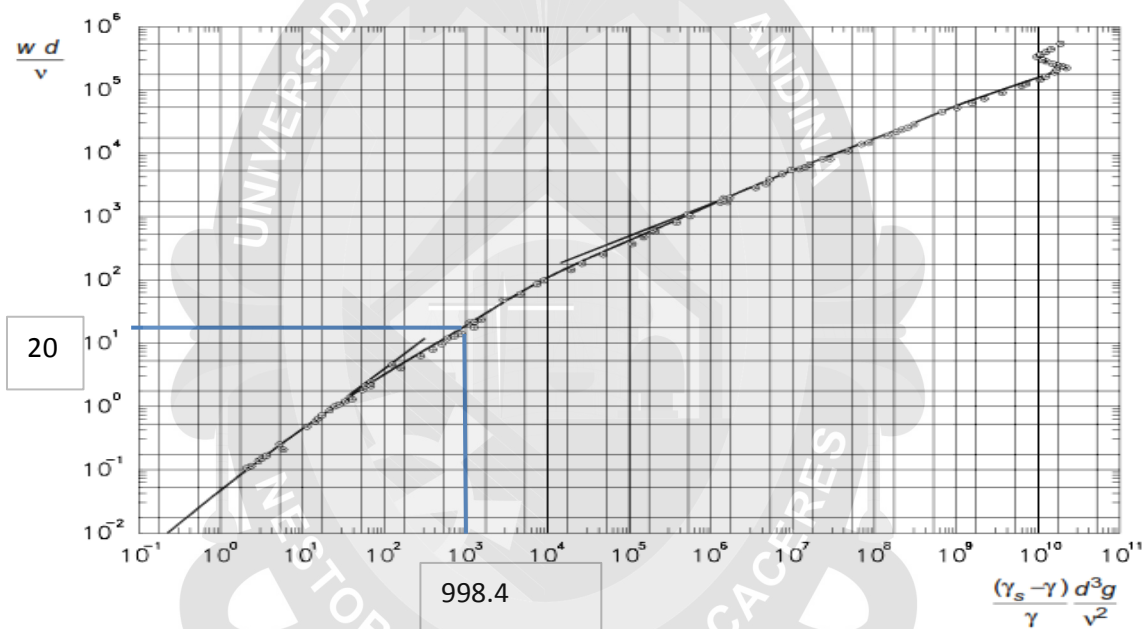
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 1.231$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 23.380$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr =$

$0.376 < 1$

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu =$

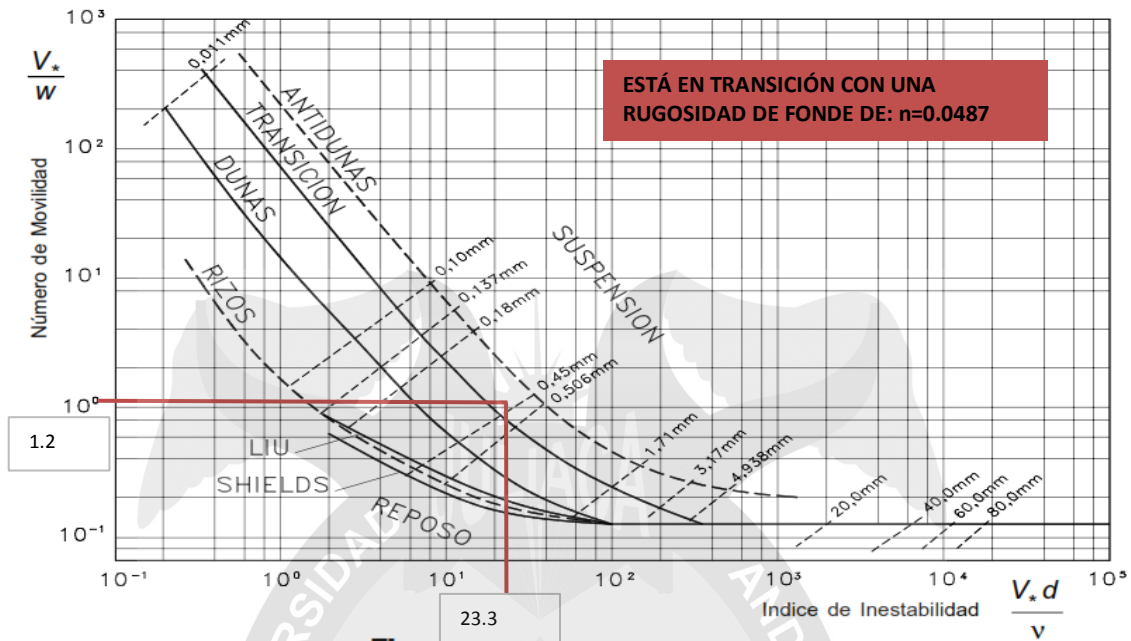
0.143

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v}\right)^{3/2}$$

Relación:

$Q_s/Q =$

0.969

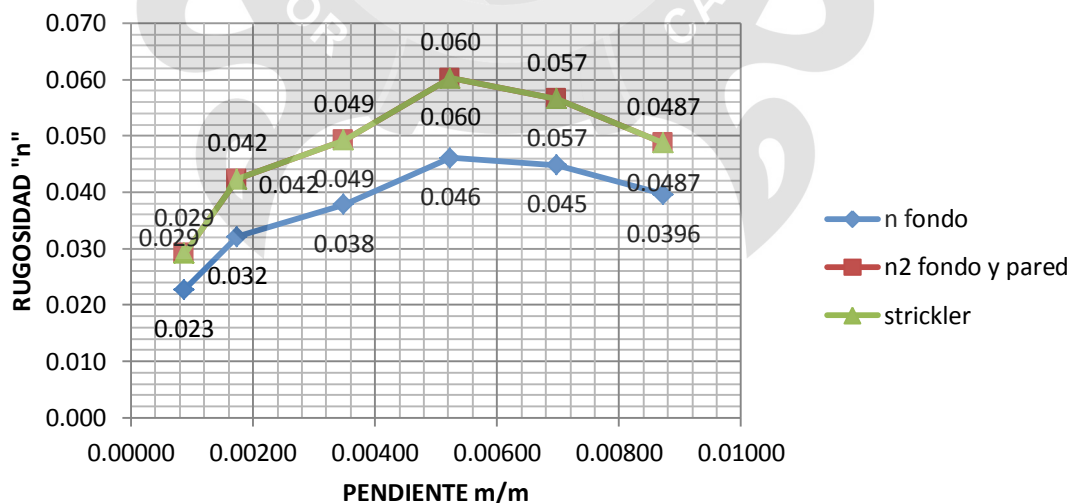


COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|--------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.0396 | 0.0487 | 0.0487 |

Se producen mucho arrastre según esta comparación

ARENA FINA EN LA CANTERA LARAQUERI



En la presente gráfica se puede observar que las formulas aplicadas tienen una cierta igualdad entre el N2 FONDO Y PARED DE MANNING y N FONDO STRICKLER siendo estas más cercanas a un valor real debido a que utilizan formulas compuestas mientras que N FONDO DE MANNING es una fórmula que utiliza solo un valor de "n" sin considerar pared ni otros factores. se observa que a medida que la pendiente aumenta el valor de "n" también aumenta teniendo en resumen la siguiente tabla en contraste con la gráfica mostrada:

| PENDIENTE Ángulo ° | PENDIENTE m/m | n fondo Manning | n2 fondo y pared Manning | n fondo strickler |
|-----------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 0.05 | 0.00087 | 0.023 | 0.029 | 0.029 |
| 0.1 | 0.00174533 | 0.032 | 0.042 | 0.042 |
| 0.2 | 0.00349067 | 0.038 | 0.049 | 0.049 |
| 0.3 | 0.00523604 | 0.046 | 0.060 | 0.060 |
| 0.4 | 0.00698143 | 0.045 | 0.057 | 0.057 |
| 0.5 | 0.00872687 | 0.0396 | 0.0487 | 0.0487 |

Fuente: Propia

4.1.2.2 MACRO Y MICRO RUGOSIDAD PARA ARENA MEDIA EN LA CANTERA LARAQUERI:

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA MEDIA DE LARAQUERI 01

DATOS DEL CANAL:

| | |
|-------------|-------------|
| $S^\circ =$ | 0.05 |
| $S =$ | 0.00087 m/m |

| | |
|---------------|--------------|
| $y_t =$ | 19 cm |
| $y_r =$ | 14.3 cm |
| $b =$ | 30 cm |
| n_1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n_2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | |
|-------------|------------------------------|
| $T^\circ =$ | 12.1 °C |
| $\gamma =$ | 1000 kg/m ³ |
| $\nu =$ | 1.2383E-06 m ² /s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|--------------|--------------------------|
| $\gamma_s =$ | 2454.9 kg/m ³ |
| $d_{50} =$ | 0.000475 |

$b =$ base de canal

$A =$ área

$p =$ perim. Mojado

$y_t =$ altura total

$y_r =$ altura real

$n =$ rugosidad

$v =$ velocidad

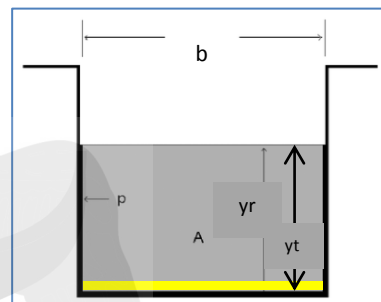
$s =$ pendiente

$T^\circ =$ temperatura

$\gamma =$ peso específico

$d =$ diámetro de partícula

$\nu =$ viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|--------|-------------|--------|
| ϕ | 1.000054796 | |
| n_1 | 0.009 | vidrio |
| n_2 | 0.018 | ARENA |
| S_o | 0.00087 | |
| R_h | 0.0732 | m |
| p | 0.586 | m |
| y_r | 0.143 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.0429 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

| | | | |
|-------------------|-----|-------------------|--------|
| INDICATOR READING | 17 | LINEAR VELOCITY | 14.95 |
| LINEAR VELOCITY | 134 | INDICATOR READING | 220.43 |

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.1495 m/s

REEMPLZAMOS PARA CALCULAR n :

n manning= 0.035 n de fondo

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A_3 x S_2^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

n1= rugosidad de la pared del canal
n2= rugosidad de la base del canal
yr= altura alcanzada por el agua en la pared del canal
b= altura alcanzada por el agua en la base del canal
v= velocidad

n2= 0.052 con n fondo y n pared

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.1495 m/s

corrent=

Q= 0.00641 m3/s.

6.414 lts/s.

Rh 0.0732 m

Km= 28.919 Rug de canal

n= 0.035

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.176 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n pared= 0.009

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 19.352 Rug. Fondo

n fondo= 0.052

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.040 m2.

Rs= 0.1337

Qs= 0.0060 m3/s.

5.998 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0028 m2.

A total= 0.0429 m2.

SE RELACIÓN

Qs/Q= 0.935

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de caída

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R_s}$$

PASO 1:

$$v^* = 0.0250 \text{ m/s}$$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$$Y_{alin} = 998.477$$

$$wd/v = 19$$

$$w = 0.0495 \text{ m/s}$$

PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

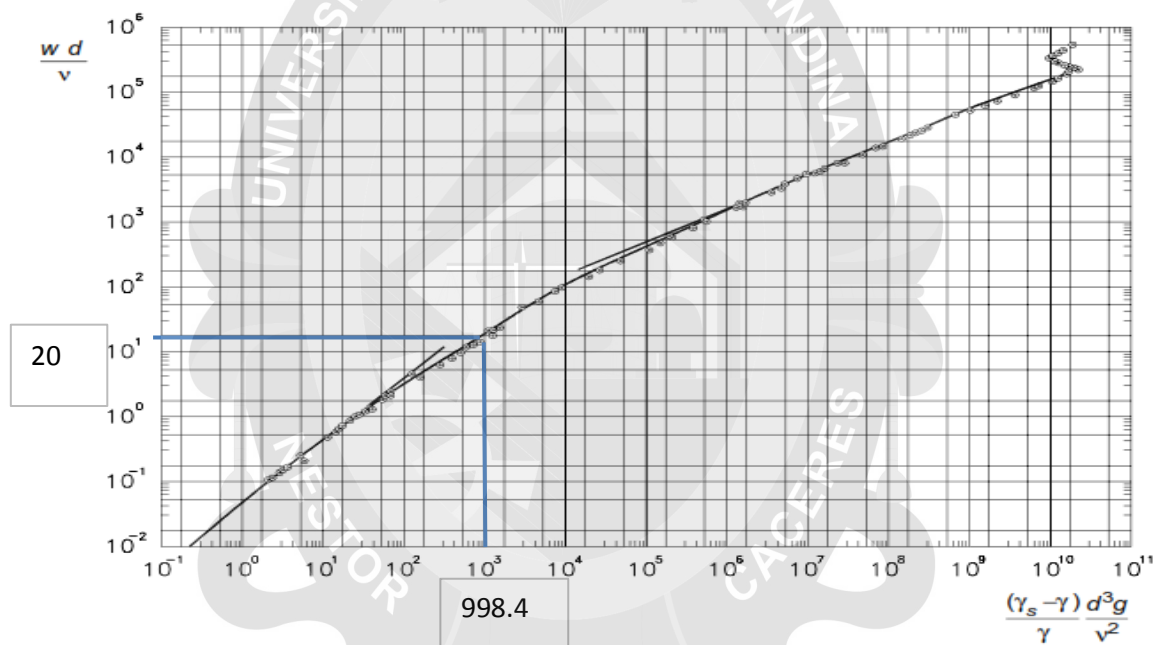
$$v^*/w = 0.506$$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$$v^*d/u = 9.606$$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$$Fr = v / (\sqrt{g \cdot y})$$

Canales Rectangulares

$$Fr =$$

$$0.126 < 1$$

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$$\mu =$$

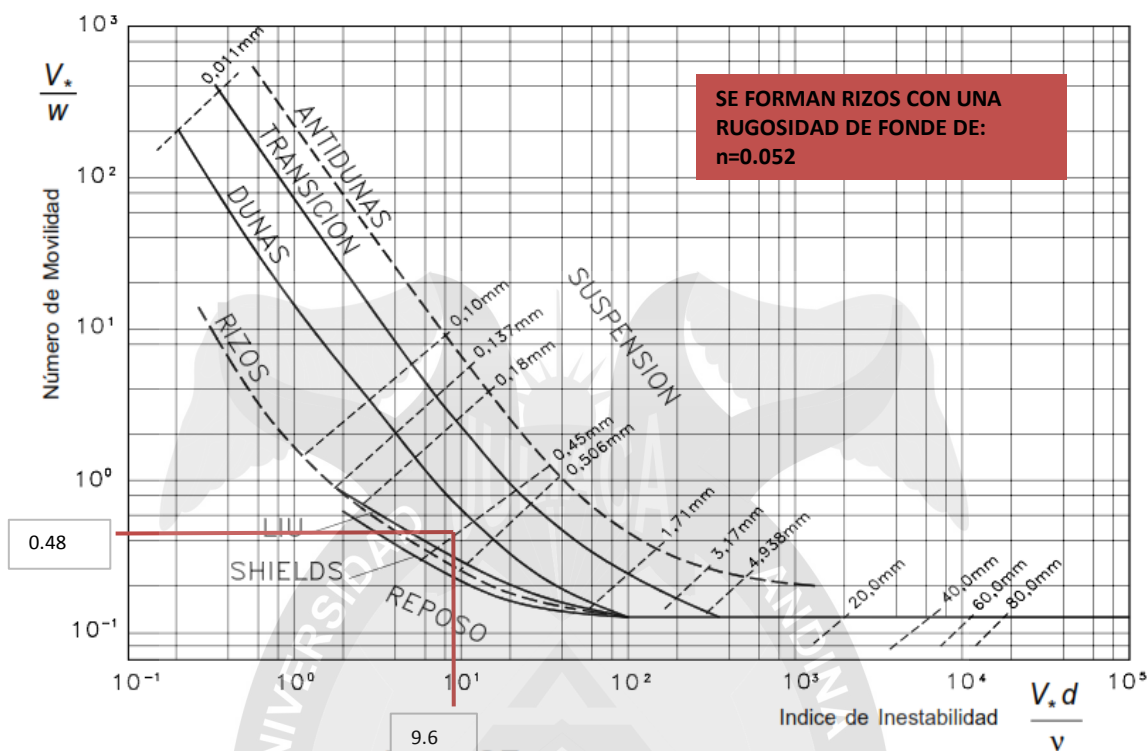
$$0.131$$

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación:

$$Q_s/Q =$$

$$0.935$$



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | 0.035 | 0.052 | 0.052 |

Se producen rizos y dunas según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA MEDIA DE LARAQUERI 02

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.1 |
| S= | 0.00175 m/m |

| | |
|-------------------|--------------|
| yt= | 18.7 cm |
| yr= | 14 cm |
| b= | 30 cm |
| n1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | |
|------------|------------------------------|
| T°= | 12.1 °C |
| γ= | 1000 kg/m ³ |
| υ= | 1.2383E-06 m ² /s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|-------------|--------------------------|
| γs= | 2454.9 kg/m ³ |
| d50= | 0.000475 |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

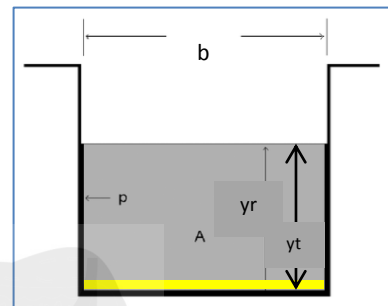
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00175 | |
| Rh | 0.0724 | m |
| p | 0.58 | m |
| yr | 0.14 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.042 | |

vidrio
ARENA

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 18 **LINEAR VELOCITY** 14.95

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.1495 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.049 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

| | |
|-----|-----------------------------|
| n2= | 0.073 con n fondo y n pared |
|-----|-----------------------------|

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.1495 m/s

corrent=

Q= 0.00628 m3/s.
6.279 lts/s.

Rh 0.0724 m

Km= 20.598 Rug de canal

n= 0.049

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.176 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 13.625 Rug. Fondo

n 0.073

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.040 m2.

Rs= 0.1346

Qs= 0.0060 m3/s.

6.037 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0016 m2.

A total= 0.042 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.961

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de
caída

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d50^{1/6}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

OK $A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$

$$v^* = \sqrt{g R S}$$

PASO 1:

$v^* = 0.0352 \text{ m/s}$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 998.477$

$w d / v = 20$

$w = 0.0521 \text{ m/s}$

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

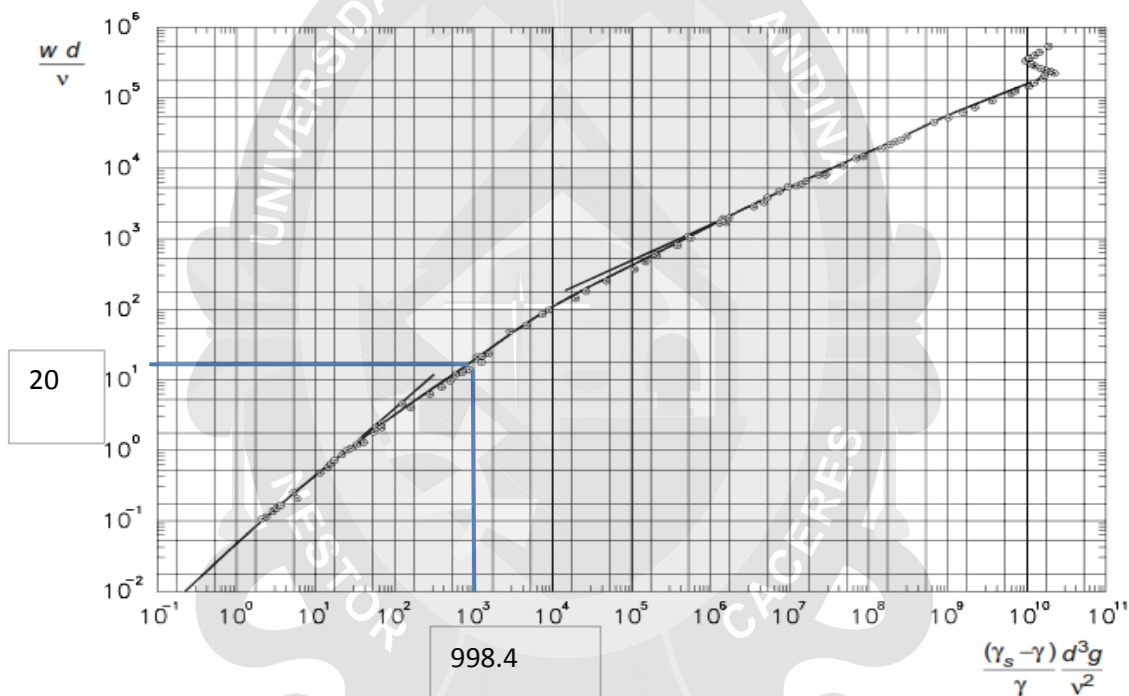
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^* / w = 0.676$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^* d / u = 13.511$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v / (\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr =$

0.128 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

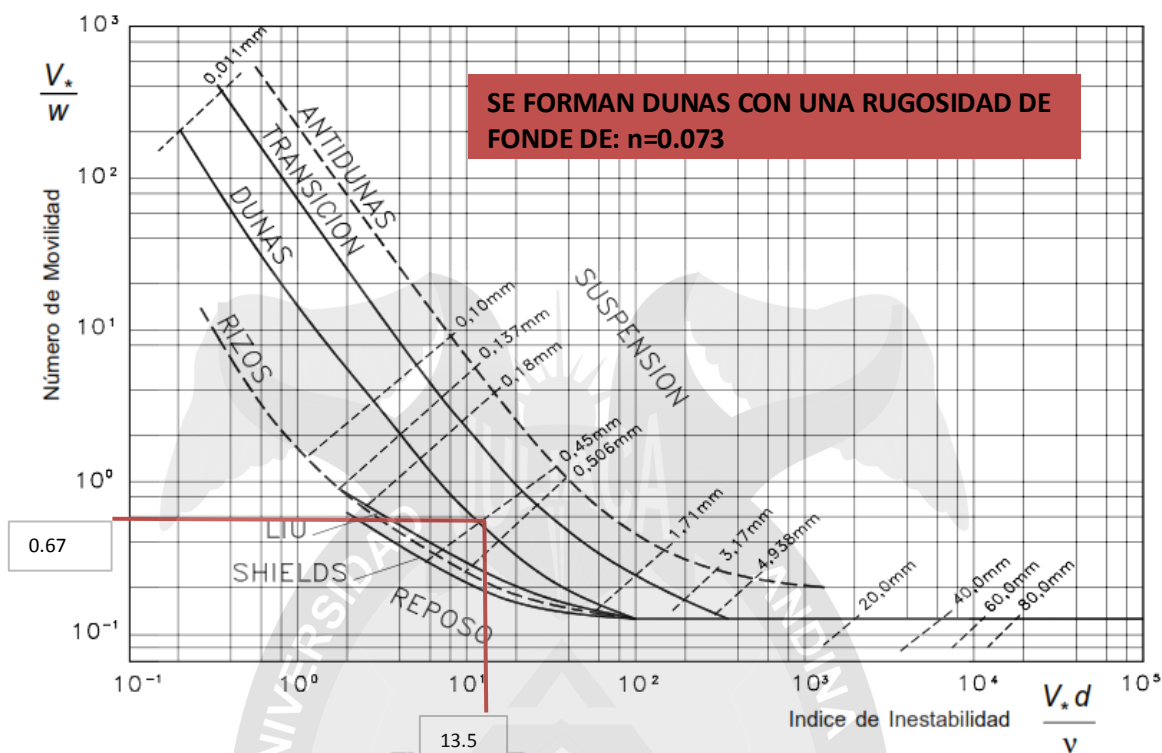
$\mu =$

0.077

Relación:

$Q_s / Q =$

0.961



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | 0.049 | 0.073 | 0.073 |

Se producen rizos sobre dunas según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA MEDIA DE LARAQUERI 03

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.2 |
| S= | 0.00349 m/m |

| | |
|-------------------|--------------|
| yt= | 17.9 cm |
| yr= | 13.2 cm |
| b= | 30 cm |
| n1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | |
|------------|------------------------------|
| T°= | 12.1 °C |
| γ= | 1000 kg/m ³ |
| υ= | 1.2383E-06 m ² /s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|-------------|--------------------------|
| ys= | 2454.9 kg/m ³ |
| d50= | 0.000475 |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

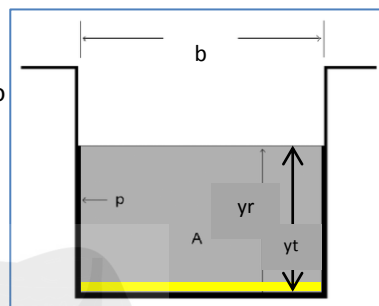
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00349 | |
| Rh | 0.0702 | m |
| p | 0.564 | m |
| yr | 0.132 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.0396 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 21 **LINEAR VELOCITY** 17.31

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.1731 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.058 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} * y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

| | | |
|-----|-------|-----------------------|
| n2= | 0.087 | con n fondo y n pared |
|-----|-------|-----------------------|

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

| | | |
|----------|---------|--------|
| V | 0.1731 | m/s |
| corrent= | | |
| Q= | 0.00685 | m3/s. |
| | 6.855 | lts/s. |
| Rh | 0.0702 | m |

| | | |
|-----|--------|--------------|
| Km= | 17.215 | Rug de canal |
|-----|--------|--------------|

| | |
|----|-------|
| n= | 0.058 |
|----|-------|

MICRO RUGOSIDAD

| | | |
|-----|--------|----------------|
| Kr= | 75.176 | microrugosidad |
|-----|--------|----------------|

| | |
|----|-------|
| n= | 0.013 |
|----|-------|

RUGOSIDAD DE LA PARED

| | |
|---|-------|
| n | 0.009 |
|---|-------|

| | | |
|--------|---------|------------|
| pared= | | |
| Kw= | 111.111 | Rug. Pared |

RUGOSIDAD DE FONDO

| | | |
|-----|--------|------------|
| Ks= | 11.522 | Rug. Fondo |
|-----|--------|------------|

| | |
|---|-------|
| n | 0.087 |
|---|-------|

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

| | | |
|-----|-------|-----|
| As= | 0.038 | m2. |
|-----|-------|-----|

| | |
|-----|--------|
| Rs= | 0.1282 |
|-----|--------|

| | | |
|-----|--------|--------|
| Qs= | 0.0067 | m3/s. |
| | 6.659 | lts/s. |

VERIFICACIÓN

| | | |
|-----|--------|-----|
| Aw= | 0.0011 | m2. |
|-----|--------|-----|

| | | |
|----------|--------|-----|
| A total= | 0.0396 | m2. |
|----------|--------|-----|

SE RELACIONA

| | |
|-------|-------|
| Qs/Q= | 0.971 |
|-------|-------|

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

| | |
|------|---------------------|
| v*/w | numero de movilidad |
|------|---------------------|

| | |
|-----|--------------------|
| v*= | velocidad de corte |
|-----|--------------------|

| | |
|----|--------------------|
| w= | velocidad de caída |
|----|--------------------|

PASO 1:

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y (K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R_s}$$

$v^* = 0.0490$ m/s

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 998.477$

$wd/v = 19$

$w = 0.0495$ m/s

PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

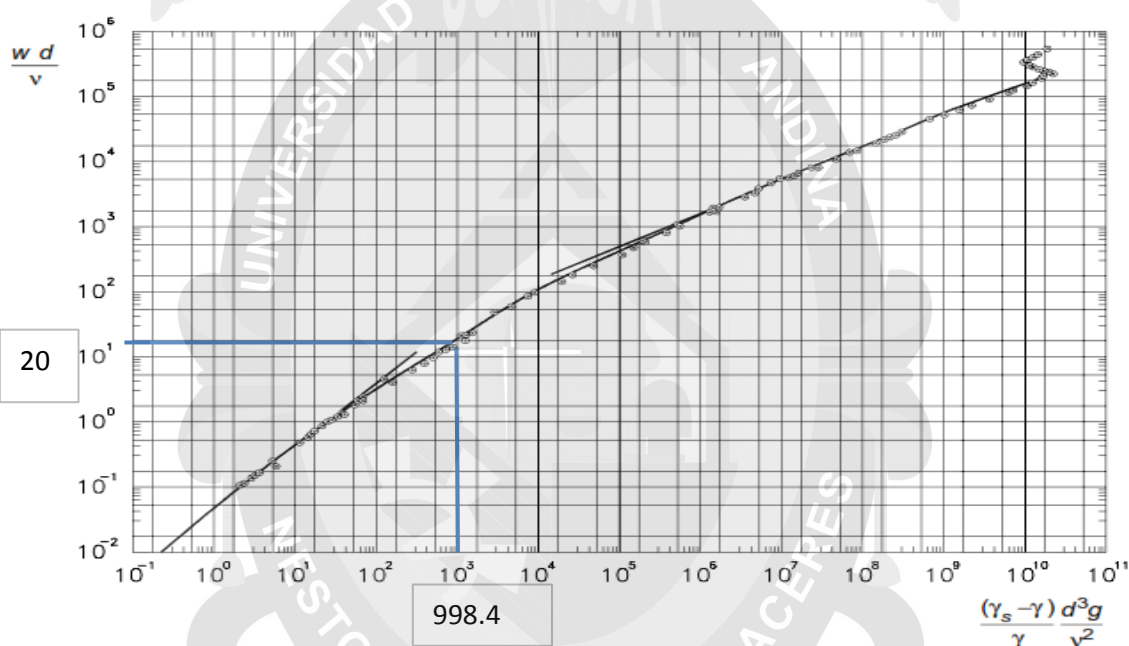
$v^*/w = 0.990$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 18.815$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v / (\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr =$

0.152 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu =$

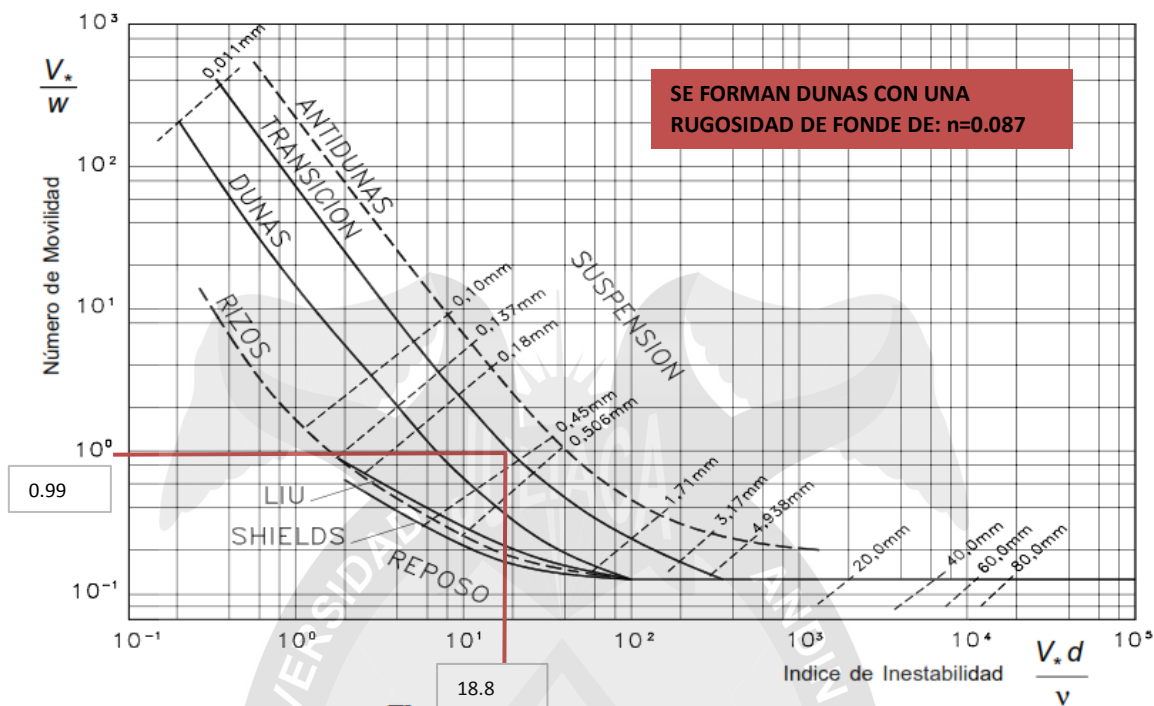
0.060

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación:

$Q_s/Q =$

0.971



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.058 | 0.087 | 0.087 |

Se producen dunas y mucho arrastre según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA MEDIA DE LARAQUERI 04

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.3 |
| S= | 0.00524 m/m |

| | |
|-------------------|--------------|
| yt= | 17.1 cm |
| yr= | 12.4 cm |
| b= | 30 cm |
| n1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | |
|------------|------------------------------|
| T°= | 12.1 °C |
| γ= | 1000 kg/m ³ |
| υ= | 1.2383E-06 m ² /s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|-------------|--------------------------|
| ys= | 2454.9 kg/m ³ |
| d50= | 0.000475 |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

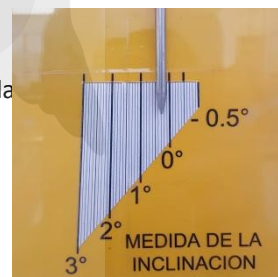
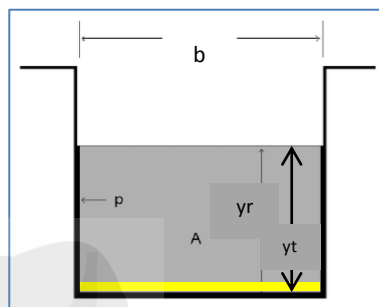
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00524 | |
| Rh | 0.0679 | m |
| p | 0.548 | m |
| yr | 0.124 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.0372 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 25 **LINEAR VELOCITY** 19.78

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.1978 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.063 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} * y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

n2= 0.0928 con n fondo y n pared

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.1978 m/s

corrent=

Q= 0.00736 m3/s.
7.358 lts/s.

Rh 0.0679 m

Km= 16.427 Rug de canal

n= 0.061

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.176 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 11.186 Rug. Fondo

n 0.089

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.036 m2.

Rs= 0.1208

Qs= 0.0072 m3/s.
7.169 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0010 m2.

A total= 0.0372 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.974

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de
caída

PASO 1:

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R s}$$

$v^* = 0.0590 \text{ m/s}$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

Yalin= 998.477

$wd/v = 19$

$w = 0.0495 \text{ m/s}$

$$Yalin = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

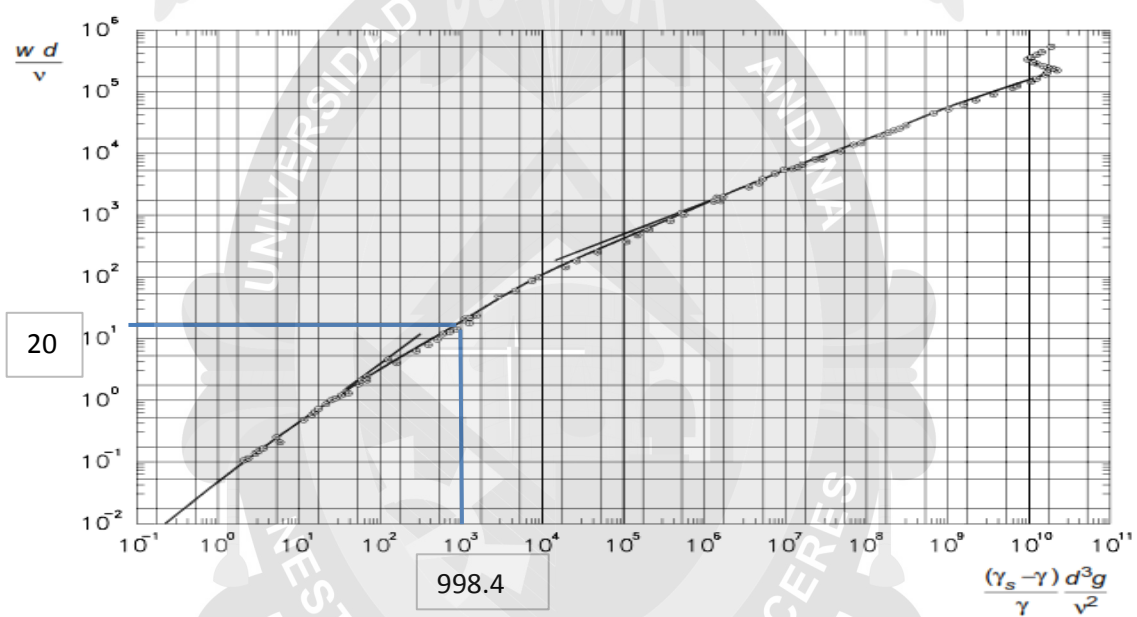
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 1.193$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 22.658$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$ Canales Rectangulares

$Fr = 0.179 < 1$ Flujo subcrítico

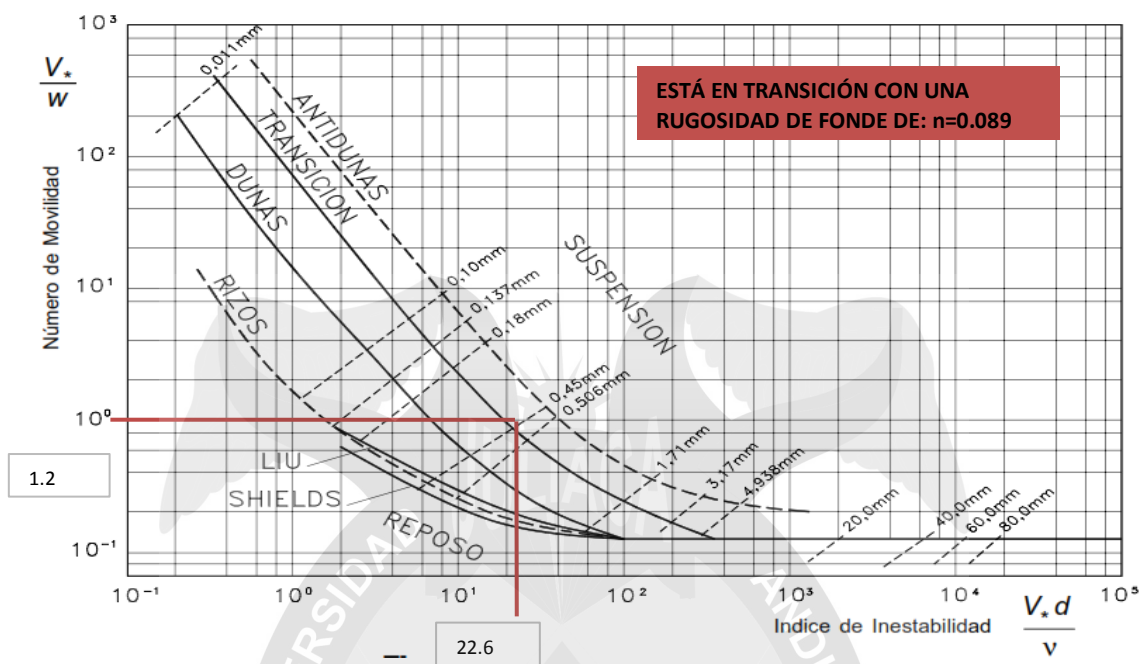
VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

$\mu = 0.057$

Relación: $Q_s/Q = 0.974$



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|--------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.063 | 0.0928 | 0.089 |

Se producen mucho arrastre según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA MEDIA DE LARAQUERI 05

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.4 |
| S= | 0.00698 m/m |

| | |
|-------------------|--------------|
| yt= | 16.6 cm |
| yr= | 11.9 cm |
| b= | 30 cm |
| n1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | |
|------------|------------------------------|
| T°= | 12.1 °C |
| γ= | 1000 kg/m ³ |
| υ= | 1.2383E-06 m ² /s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|-------------|--------------------------|
| ys= | 2454.9 kg/m ³ |
| d50= | 0.000475 |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

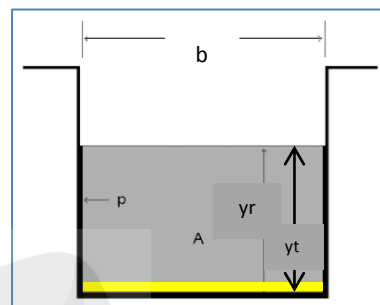
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00698 | |
| Rh | 0.0664 | m |
| p | 0.538 | m |
| yr | 0.119 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.0357 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 27 **LINEAR VELOCITY** 20.26

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.2026 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.063 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^2 x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

n2= 0.0928 con n fondo y n pared

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.2026 m/s

corrent=

Q= 0.00723 m3/s.
7.233 lts/s.

Rh 0.0664 m

Km= 14.794 Rug de canal

n= 0.068

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.176 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 10.169 Rug. Fondo

n 0.098

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.035 m2.

Rs= 0.1164

Qs= 0.0071 m3/s.
7.077 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0008 m2.

A total= 0.0357 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.979

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de
caída

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$\text{OK} \quad A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

$$v^* = \sqrt{g R_s}$$

PASO 1:

$$v^* = 0.0674 \text{ m/s}$$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$$Y_{alin} = 998.477$$

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

$$wd/v = 19$$

$$w = 0.0495 \text{ m/s}$$

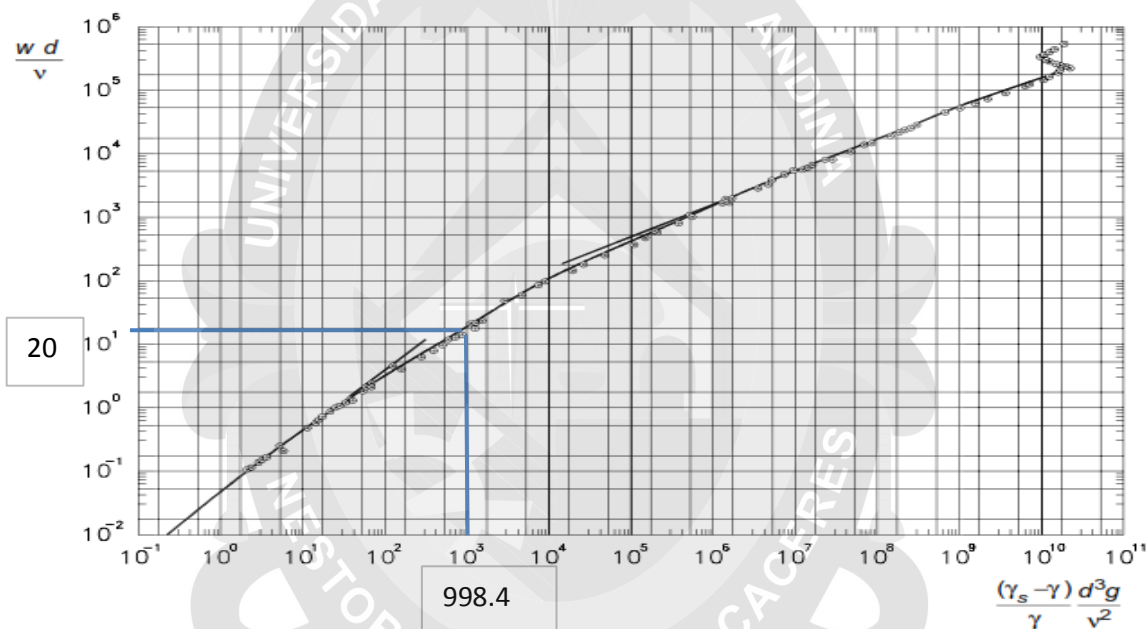
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$$v^*/w = 1.361$$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$$v^*d/u = 25.868$$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$$Fr = v / (\sqrt{g^* y})$$

Canales Rectangulares

$$Fr = 0.188 < 1$$

Flujo subcrítico

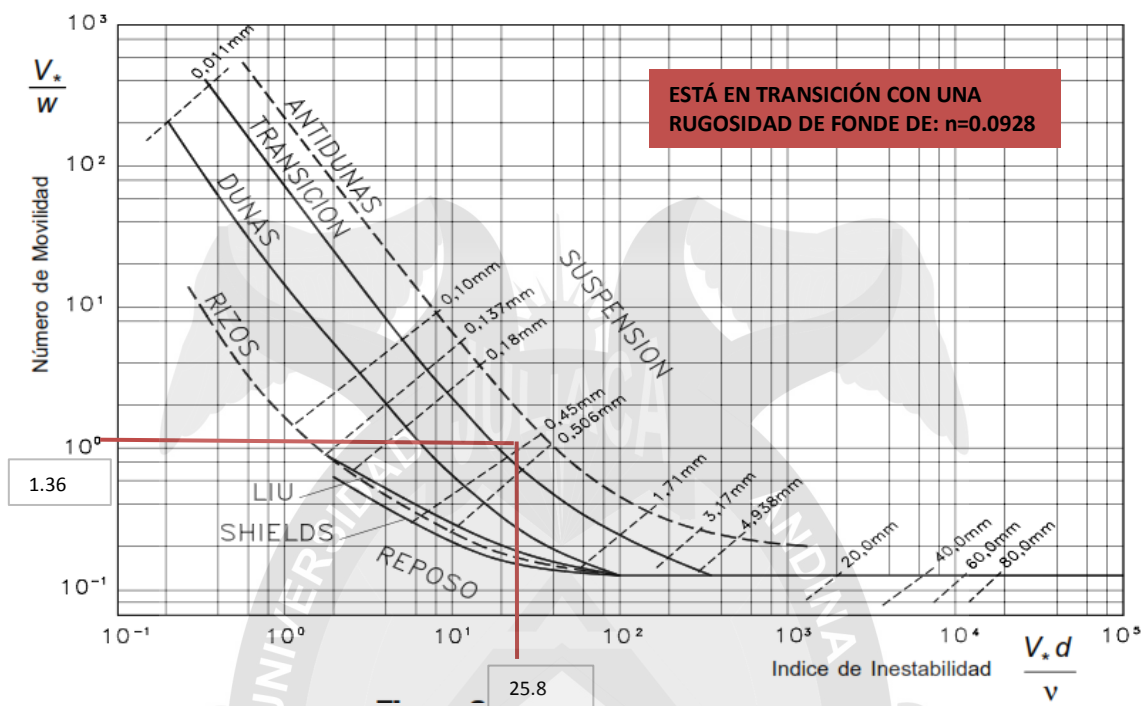
VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$$\mu = 0.050$$

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

$$\text{Relación: } Q_s/Q = 0.979$$



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|--------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.063 | 0.0928 | 0.0928 |

Se producen mucho arrastre según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA MEDIA DE LARAQUERI 06

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|--------------------|
| S°= | 0.5 |
| S= | 0.00873 m/m |

| | |
|-------------------|---------------------|
| yt= | 15.8 cm |
| yr= | 11.1 cm |
| b= | 30 cm |
| n1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | |
|------------|-------------------------|
| T°= | 12.1 °C |
| γ= | 1000 kg/m3 |
| υ= | 1.2383E-06 m2./s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|-------------|---------------------|
| ys= | 2454.9 kg/m3 |
| d50= | 0.000475 |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

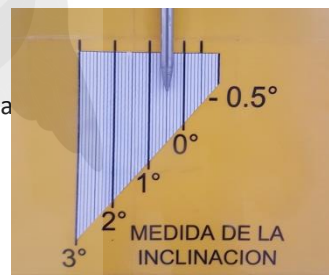
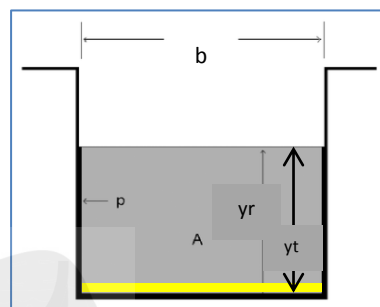
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|--------------------|---------------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00873 | |
| Rh | 0.0638 | m |
| p | 0.522 | m |
| yr | 0.111 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.0333 | |

vidrio
ARENA

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 29 LINEAR VELOCITY 21.24

LINEAR VELOCITY 134 INDICATOR READING 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.2124 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.0696 n de fondo

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} \times y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

n2= 0.0993 con n fondo y n pared

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.2124 m/s

corrent=

Q= 0.00707 m3/s.
7.073 lts/s.

Rh 0.0638 m

Km= 14.241 Rug de canal

n= 0.070

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 75.176 microrugosidad

n= 0.013

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 9.974 Rug. Fondo

n 0.100

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.033 m2.

Rs= 0.1088

Qs= 0.0069 m3/s.
6.935 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0006 m2.

A total= 0.0333 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.980

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de
caída

PASO 1:

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R_s}$$

$v^* = 0.0739 \text{ m/s}$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 998.477$

$wd/v = 19$

$w = 0.0495 \text{ m/s}$

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{\nu^2}$$

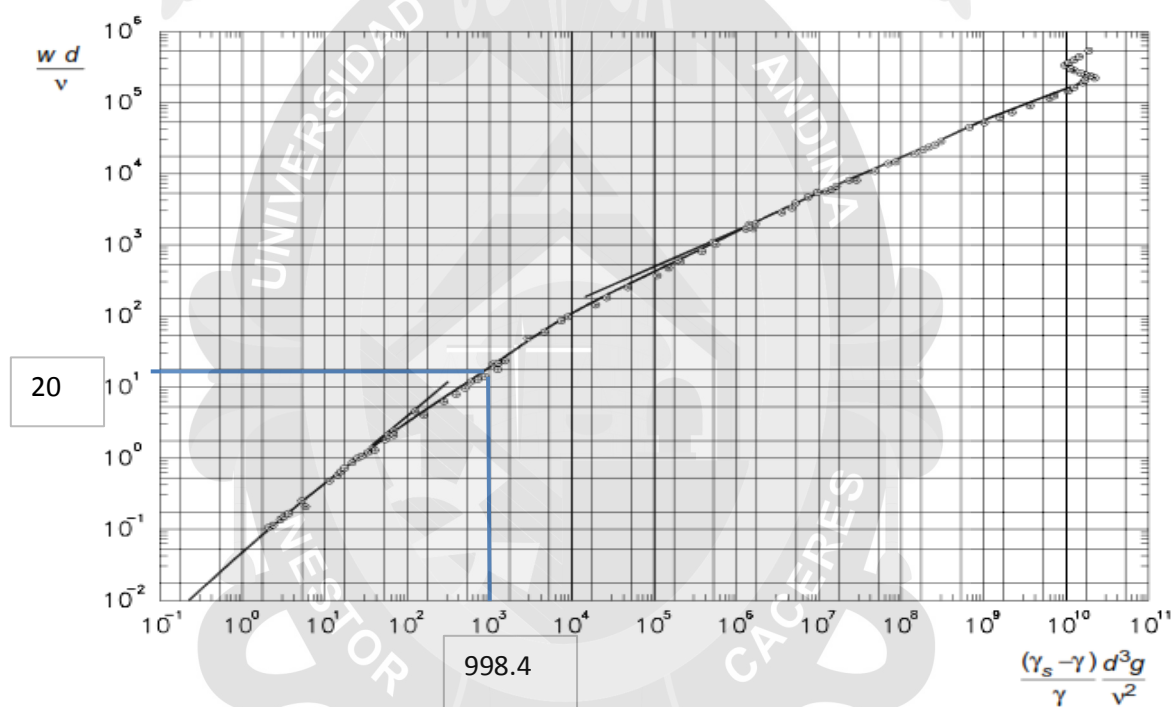
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 1.492$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/\nu = 28.357$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr = 0.204 < 1$

Flujo subcrítico

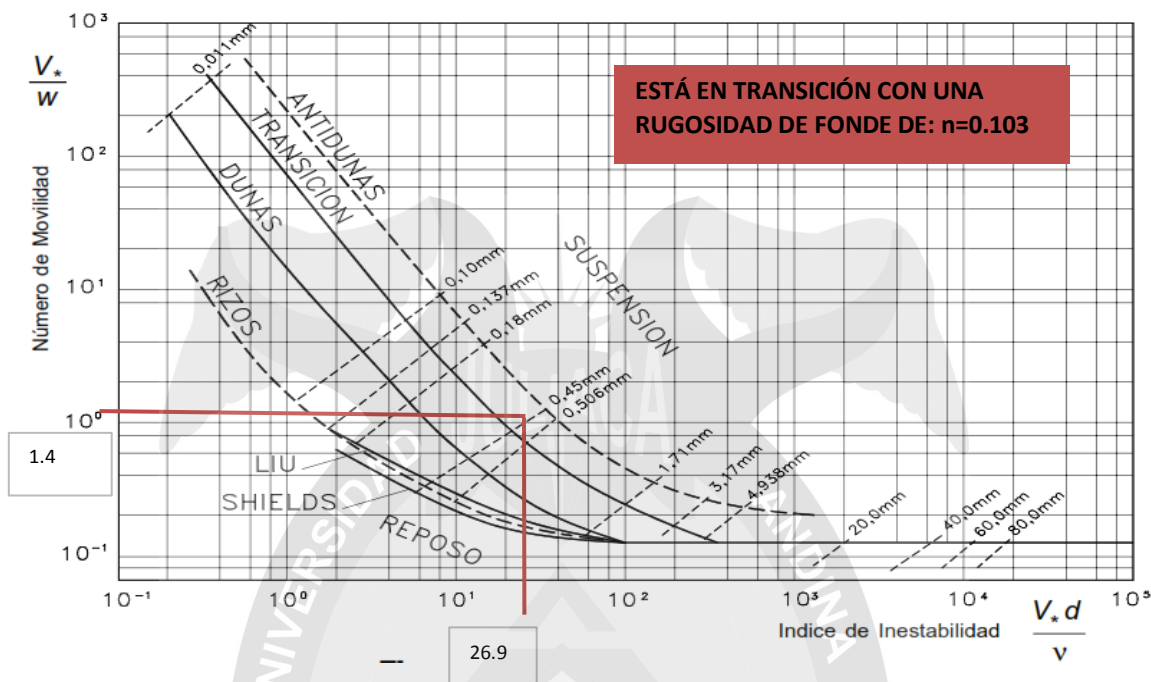
VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu = 0.048$

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación: $Q_s/Q = 0.980$

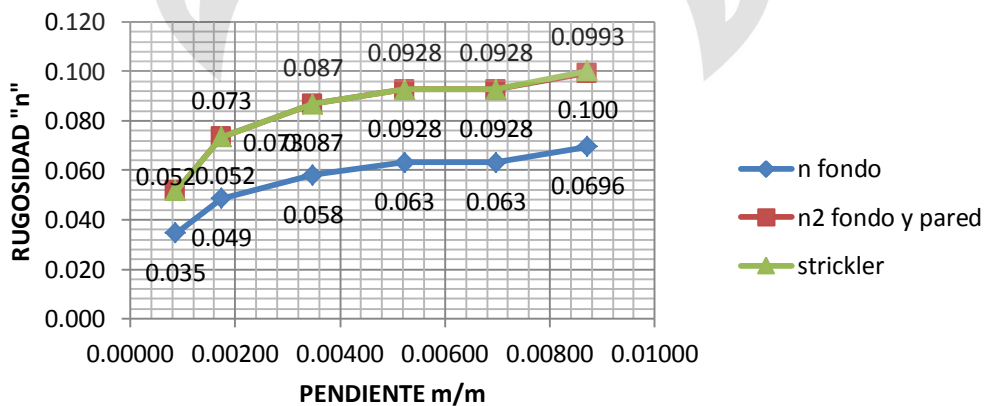


COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|--------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.0696 | 0.0993 | 0.100 |

Se producen mucho arrastre según esta comparación

ARENA MEDIA EN LA CANTERA LARAQUERI



En la presente gráfica se puede observar que las formulas aplicadas tienen una cierta igualdad entre el N2 FONDO Y PARED DE MANNING y N FONDO STRICKLER siendo estas más cercanas a un valor real debido a que utilizan formulas compuestas mientras que N FONDO DE MANNING es una fórmula que utiliza solo un valor de "n" sin considerar pared ni otros factores. se observa que a medida que la pendiente aumenta el valor de "n" también aumenta teniendo en resumen la siguiente tabla en contraste con la gráfica mostrada:

| PENDIENTE Ángulo ° | PENDIENTE m/m | n fondo Manning | n2 fondo y pared Manning | n fondo strickler |
|-----------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 0.05 | 0.00087 | 0.035 | 0.052 | 0.052 |
| 0.1 | 0.00174533 | 0.049 | 0.073 | 0.073 |
| 0.2 | 0.00349067 | 0.058 | 0.087 | 0.087 |
| 0.3 | 0.00523604 | 0.063 | 0.0928 | 0.089 |
| 0.4 | 0.00698143 | 0.063 | 0.0928 | 0.0928 |
| 0.5 | 0.00872687 | 0.0696 | 0.0993 | 0.100 |

Fuente: Propia

4.1.2.3 MACRO Y MICRO RUGOSIDAD PARA ARENA GRUESA EN LA CANTERA LARAQUERI:

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA GRUESA DE LARAQUERI 01

DATOS DEL CANAL:

| | |
|-------------|-------------|
| $S^\circ =$ | 0.05 |
| $S =$ | 0.00087 m/m |

| | |
|---------------|--------------|
| $y_t =$ | 19.1 cm |
| $y_r =$ | 14.4 cm |
| $b =$ | 30 cm |
| n_1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n_2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | |
|-------------|------------------------------|
| $T^\circ =$ | 12.1 °C |
| $\gamma =$ | 1000 kg/m ³ |
| $\nu =$ | 1.2383E-06 m ² /s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|--------------|--------------------------|
| $\gamma_s =$ | 2454.9 kg/m ³ |
| $d_{50} =$ | 0.000892 |

$b =$ base de canal

$A =$ área

$p =$ perim. Mojado

$y_t =$ altura total

$y_r =$ altura real

$n =$ rugosidad

$v =$ velocidad

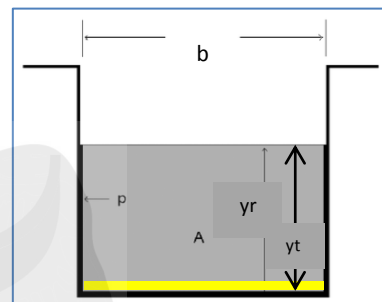
$s =$ pendiente

$T^\circ =$ temperatura

$\gamma =$ peso específico

$d =$ diámetro de partícula

$\nu =$ viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|--------|-------------|--------|
| ϕ | 1.000054796 | |
| n_1 | 0.009 | vidrio |
| n_2 | 0.018 | ARENA |
| S_o | 0.00087 | |
| R_h | 0.0735 | m |
| p | 0.588 | m |
| y_r | 0.144 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.0432 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

| | | | |
|-------------------|-----|-------------------|--------|
| INDICATOR READING | 15 | LINEAR VELOCITY | 13.77 |
| LINEAR VELOCITY | 134 | INDICATOR READING | 220.43 |

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.1377 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.038 n de fondo

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

n1= rugosidad de la pared del canal
n2= rugosidad de la base del canal
yr= altura alcanzada por el agua en la pared del canal
b= altura alcanzada por el agua en la base del canal
v= velocidad

n2= 0.057 con n fondo y n pared

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.1377 m/s

corrent=

Q= 0.00595 m3/s.

5.949 lts/s.

Rh 0.0735 m

Km= 26.573 Rug de canal

n= 0.038

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 67.691 microrugosidad

n= 0.015

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 17.647 Rug. Fondo

n 0.057

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.041 m2.

Rs= 0.1358

Qs= 0.0056 m3/s.

5.608 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0025 m2.

A total= 0.0432 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.943

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}}$$

$$R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

v^* = velocidad de corte

w = velocidad de caída

$$v^* = \sqrt{gRs}$$

PASO 1:

v^* = 0.0251 m/s

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

Y_{alin} = 6595.801

wd/v = 19

w = 0.0264 m/s

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

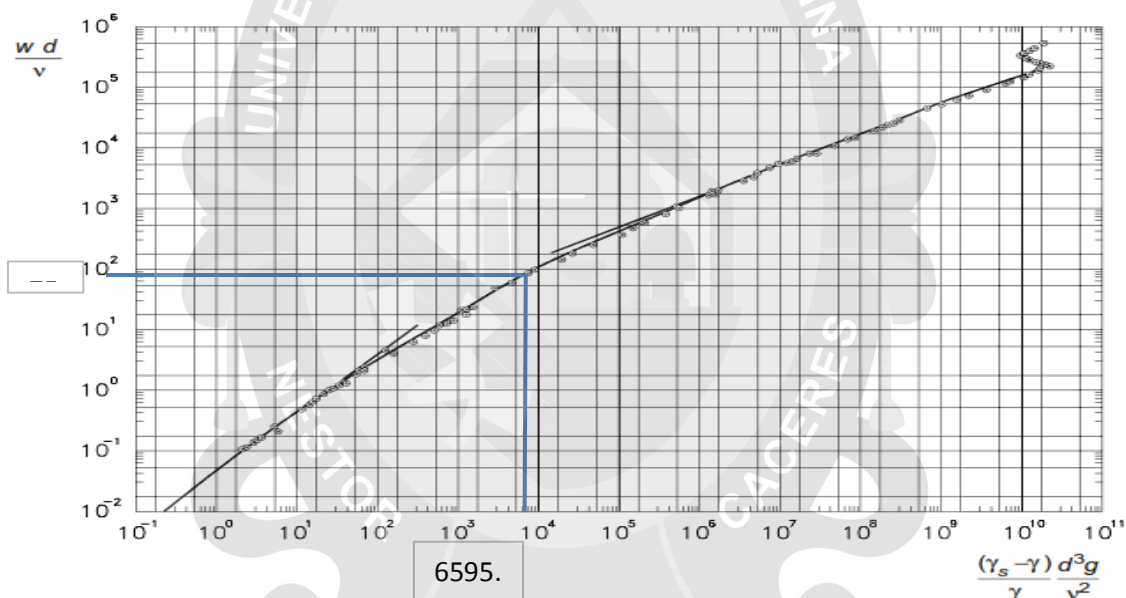
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

v^*/w = 0.950

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

v^*d/v = 18.056

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v / (\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

Fr =

0.116 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

μ =

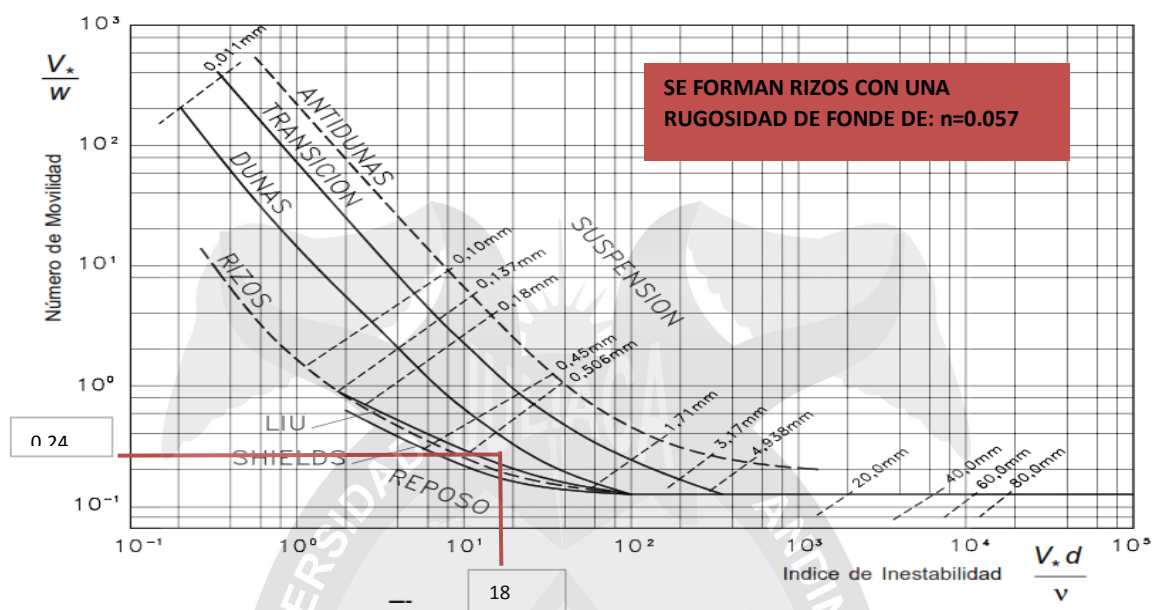
0.133

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

relación:

Q_s/Q_v =

0.943



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | 0.038 | | |
| | | | 0.038 | 0.057 | 0.057 |

Se producen rizos y dunas según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA GRUESA DE LARAQUERI 02

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.1 |
| S= | 0.00175 m/m |

| | |
|-------------------|--------------|
| yt= | 18.6 cm |
| yr= | 13.9 cm |
| b= | 30 cm |
| n1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | |
|------------|------------------|
| T°= | 12.1 °C |
| γ= | 1000 kg/m3 |
| υ= | 1.2383E-06 m2./s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|-------------|--------------|
| ys= | 2454.9 kg/m3 |
| d50= | 0.000892 |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

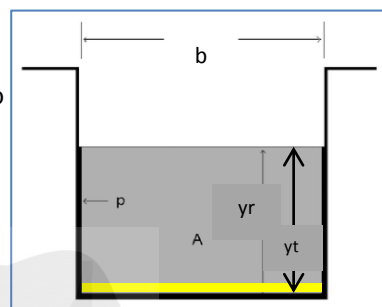
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00175 | |
| Rh | 0.0721 | m |
| p | 0.578 | m |
| yr | 0.139 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.0417 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 18 **LINEAR VELOCITY** 14.95

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.1495 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.048 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} * y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

n2= 0.073 con n fondo y n pared

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.1495 m/s

corrent=

Q= 0.00623 m3/s.
6.234 lts/s.

Rh 0.0721 m

Km= 20.649 Rug de canal

n= 0.048

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 67.691 microrugosidad

n= 0.015

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 13.690 Rug. Fondo

n 0.073

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.040 m2.

Rs= 0.1336

Qs= 0.0060 m3/s.
5.994 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0016 m2.

A total= 0.0417 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.961

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de
caída

PASO 1:

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2} n_{\text{manning}}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R_s}$$

$v^* = 0.0351 \text{ m/s}$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 6595.801$

$wd/v = 19$

$w = 0.0264 \text{ m/s}$

PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

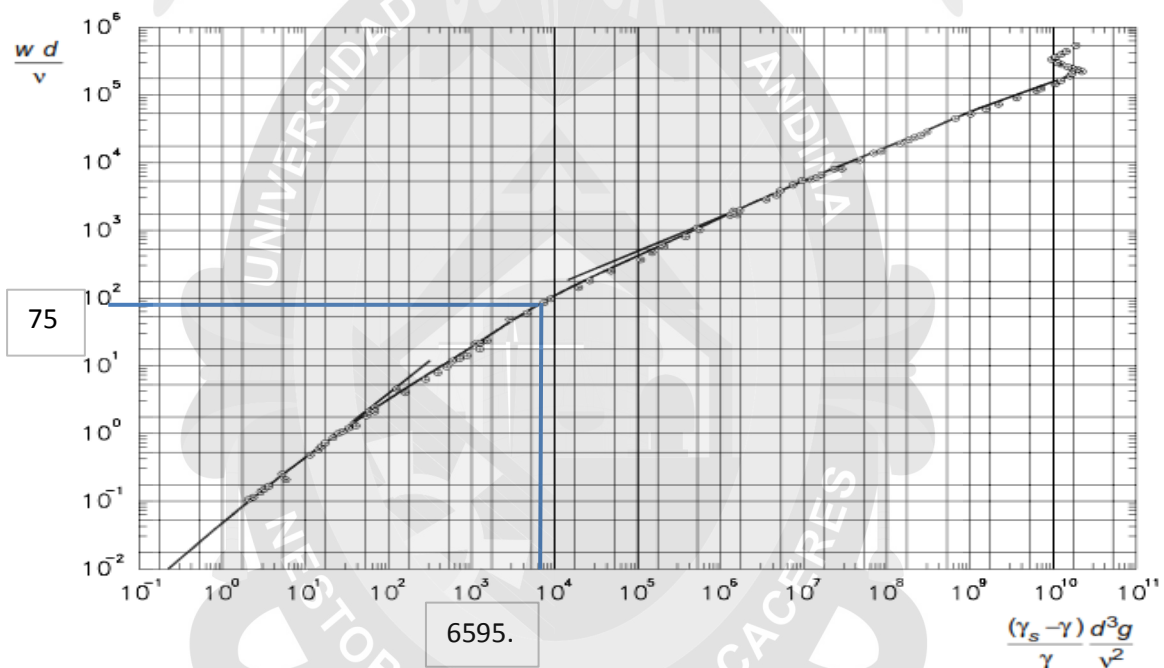
$v^*/w = 1.332$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 25.304$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v / (\sqrt{g \cdot \gamma})$

Canales Rectangulares

$Fr = 0.128 < 1$

Flujo subcrítico

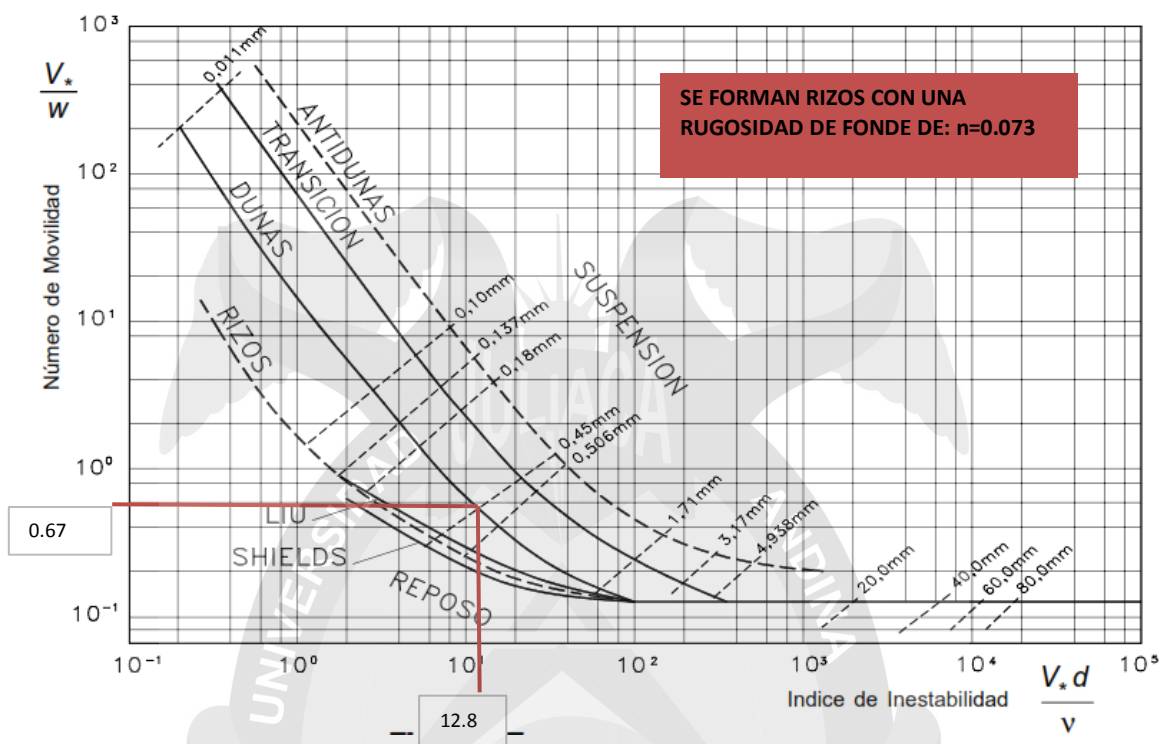
VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu = 0.091$

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación: $Q_s/Q = 0.961$



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | 0.048 | 0.073 | 0.073 |

Se producen rizados sobre dunas según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA GRUESA DE LARAQUERI 03

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.2 |
| S= | 0.00349 m/m |

| | |
|-------------------|--------------|
| yt= | 17.7 cm |
| yr= | 13 cm |
| b= | 30 cm |
| n1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | |
|------------|------------------|
| T°= | 12.1 °C |
| γ= | 1000 kg/m3 |
| υ= | 1.2383E-06 m2./s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|-------------|--------------|
| ys= | 2454.9 kg/m3 |
| d50= | 0.000892 |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

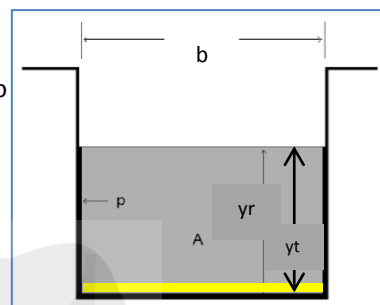
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00349 | |
| Rh | 0.0696 | m |
| p | 0.56 | m |
| yr | 0.13 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.039 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 20 **LINEAR VELOCITY** 16.72

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.1672 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.060 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

n2= 0.089 con n fondo y n pared

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.1672 m/s

corrent=

Q= 0.00652 m3/s.
6.521 lts/s.

Rh 0.0696 m

Km= 16.719 Rug de canal

n= 0.060

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 67.691 microrugosidad

n= 0.015

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 11.232 Rug. Fondo

n 0.089

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.038 m2.

Rs= 0.1265

Qs= 0.0063 m3/s.
6.344 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0011 m2.

A total= 0.039 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.973

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de
caída

PASO 1:

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y (K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R_s}$$

$v^* = 0.0488 \text{ m/s}$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 6595.801$

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

$wd/v = 19$

$w = 0.0264 \text{ m/s}$

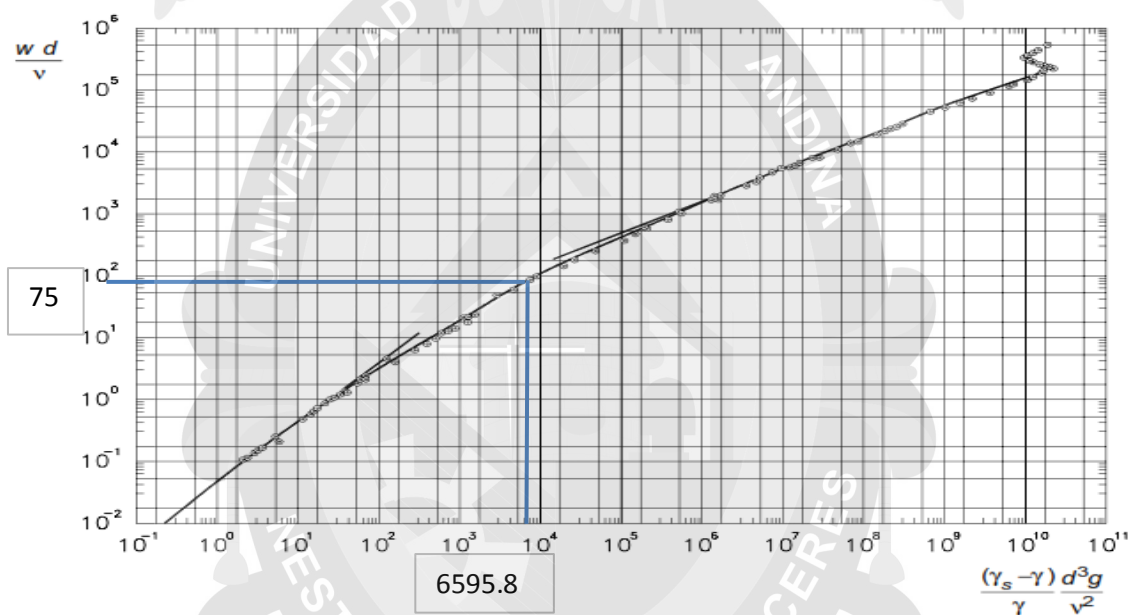
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 1.851$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 35.160$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$ Canales Rectangulares

$Fr = 0.148 < 1$ Flujo subcrítico

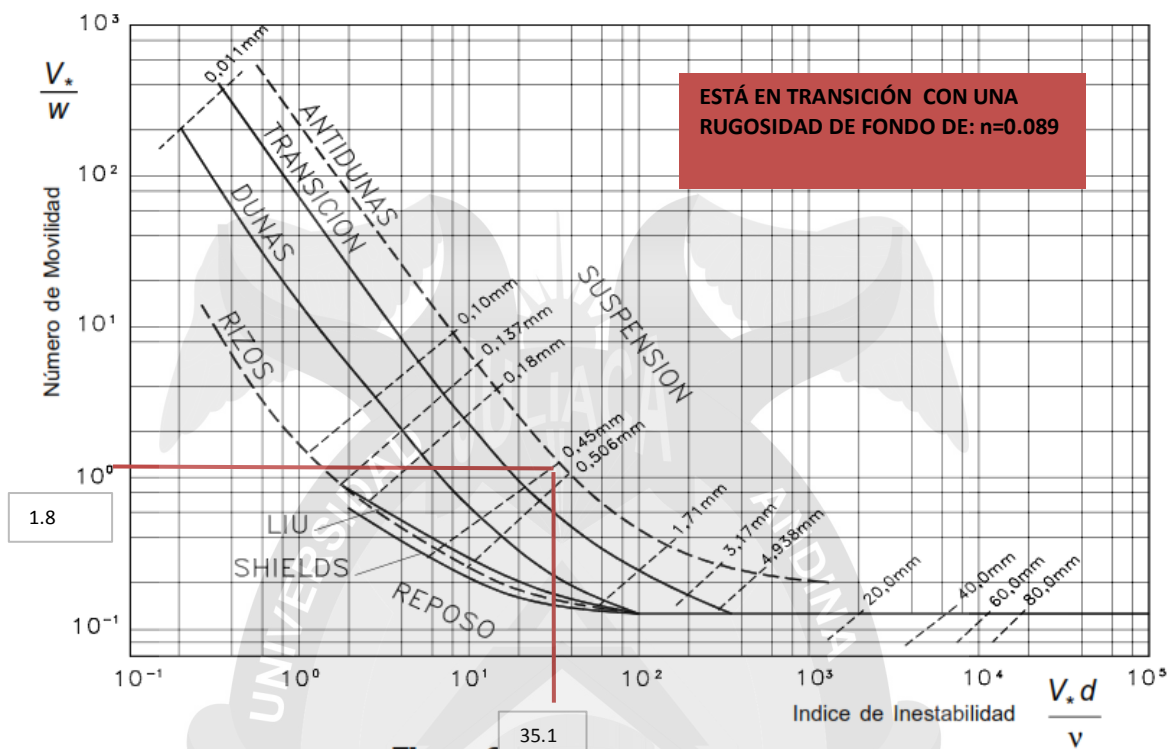
VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

$\mu = 0.068$

Relación: $Q_s/Q_v = 0.973$



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.060 | 0.089 | 0.089 |

Se producen dunas y mucho arrastre según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA GRUESA DE LARAQUERI 04

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.3 |
| S= | 0.00524 m/m |

| | | |
|-------------------|-------|--------|
| yt= | 17.35 | cm |
| yr= | 12.65 | cm |
| b= | 30 | cm |
| n1 (pared) | 0.009 | vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 | ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | | |
|------------|------------|-------|
| T°= | 12.1 | °C |
| γ= | 1000 | kg/m3 |
| υ= | 1.2383E-06 | m2./s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | | |
|-------------|----------|-------|
| ys= | 2454.9 | kg/m3 |
| d50= | 0.000892 | |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

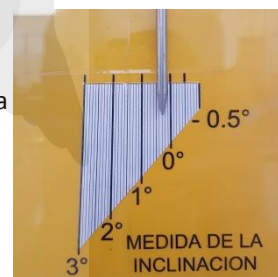
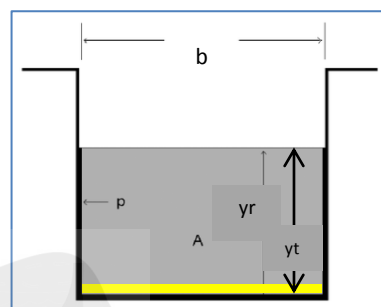
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00524 | |
| Rh | 0.0686 | m |
| p | 0.553 | m |
| yr | 0.1265 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.03795 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 22 **LINEAR VELOCITY** 17.31

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.1731 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.070 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

| | | |
|-----|-------|-----------------------|
| n2= | 0.104 | con n fondo y n pared |
|-----|-------|-----------------------|

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

| | | |
|-----------------------|---------|----------------|
| V | 0.1731 | m/s |
| corrent= | | |
| Q= | 0.00657 | m3/s. |
| | 6.569 | lts/s. |
| Rh | 0.0686 | m |
| Km= | 14.272 | Rug de canal |
| n= | 0.070 | |
| MICRO RUGOSIDAD | | |
| Kr= | 67.691 | microrugosidad |
| n= | 0.015 | |
| RUGOSIDAD DE LA PARED | | |
| n | 0.009 | |
| pared= | | |
| Kw= | 111.111 | Rug. Pared |
| RUGOSIDAD DE FONDO | | |
| Ks= | 9.629 | Rug. Fondo |
| n | 0.104 | |
| fondo= | | |

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

| | | |
|-----|--------|--------|
| As= | 0.037 | m2. |
| Rs= | 0.1238 | |
| Qs= | 0.0064 | m3/s. |
| | 6.431 | lts/s. |

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

VERIFICACIÓN

| | | |
|----------|---------|-----|
| Aw= | 0.0008 | m2. |
| A total= | 0.03795 | m2. |

OK

SE RELACIONA

| | |
|-------|-------|
| Qs/Q= | 0.979 |
|-------|-------|

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

| | |
|------|---------------------|
| v*/w | numero de movilidad |
| v*= | velocidad de corte |
| w= | velocidad de caída |

$$v^* = \sqrt{g R s}$$

PASO 1:

$v^* = 0.0594 \text{ m/s}$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 6595.801$

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

$wd/v = 19$

$w = 0.0264 \text{ m/s}$

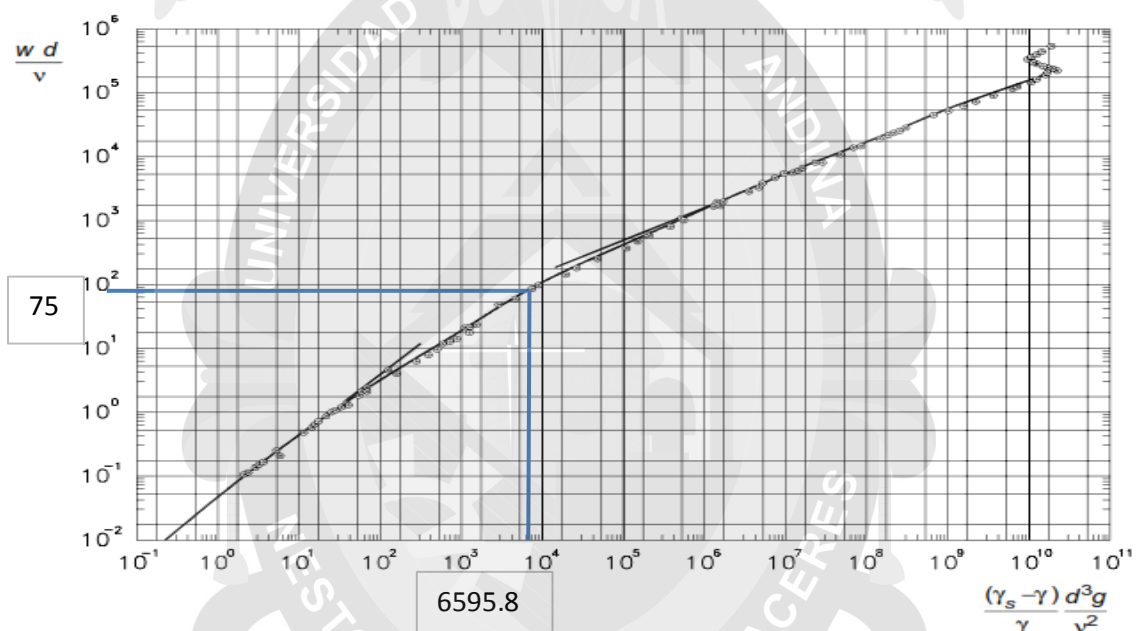
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 2.250$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 42.746$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr =$

0.155 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu =$

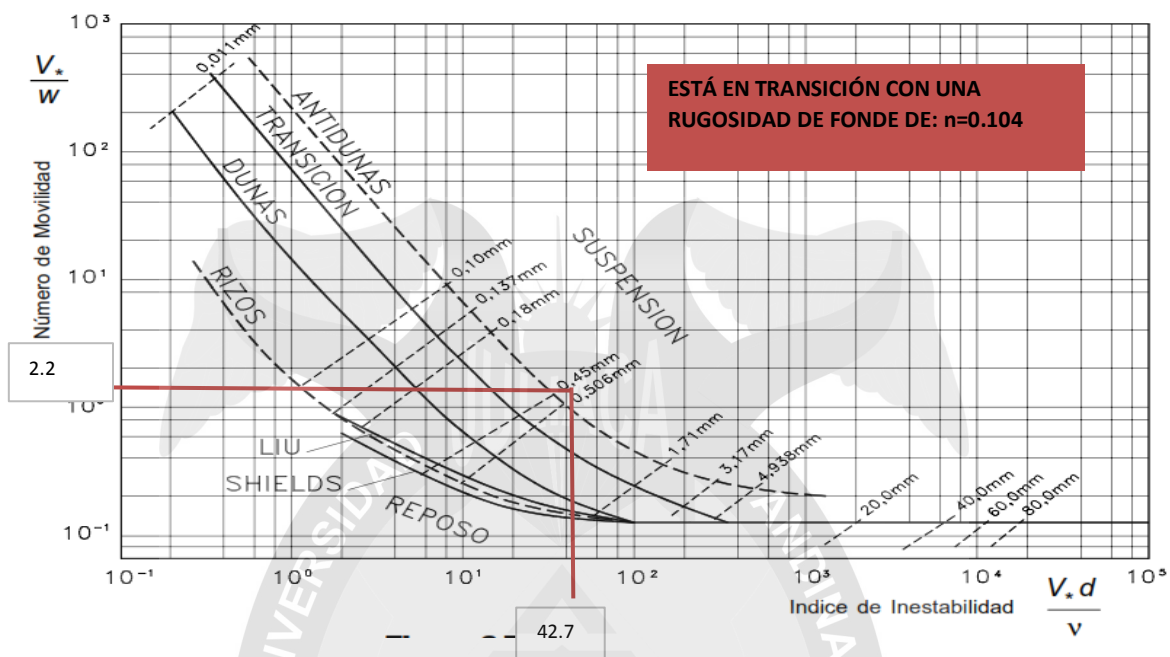
0.054

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación:

$Q_s/Q =$

0.979



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.070 | 0.104 | 0.104 |

Se producen mucho arrastre según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA GRUESA LARAQUERI 05

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.4 |
| S= | 0.00698 m/m |

| | | |
|-------------------|-------|--------|
| yt= | 16.5 | cm |
| yr= | 11.8 | cm |
| b= | 30 | cm |
| n1 (pared) | 0.009 | vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 | ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | | |
|------------|------------|--------------------|
| T°= | 12.1 | °C |
| γ= | 1000 | kg/m ³ |
| υ= | 1.2383E-06 | m ² ./s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | | |
|-------------|----------|-------------------|
| γs= | 2454.9 | kg/m ³ |
| d50= | 0.000892 | |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

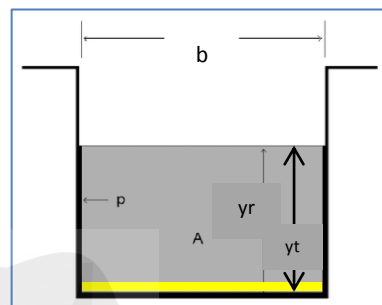
s= pendiente

T°= temperatura

γ= peso específico

d= diámetro de partícula

υ= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00698 | |
| Rh | 0.0660 | m |
| p | 0.536 | m |
| yr | 0.118 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.0354 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 26 **LINEAR VELOCITY** 19.08

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.1908 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.072 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

| | | |
|-----|-------|-----------------------|
| n2= | 0.104 | con n fondo y n pared |
|-----|-------|-----------------------|

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.1908 m/s

corrent=

Q= 0.00675 m3/s.
6.754 lts/s.

Rh 0.0660 m

Km= 13.976 Rug de canal

n= 0.072

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 67.691 microrugosidad

n= 0.015

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 9.618 Rug. Fondo

n 0.104

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.035 m2.

Rs= 0.1157

Qs= 0.0066 m3/s.
6.622 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0007 m2.

A total= 0.0354 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.980

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de
caída

PASO 1:

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} \quad n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d^{50^{1/6}}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R_s}$$

$v^* = 0.0673 \text{ m/s}$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 6595.801$

$wd/v = 19$

$w = 0.0264 \text{ m/s}$

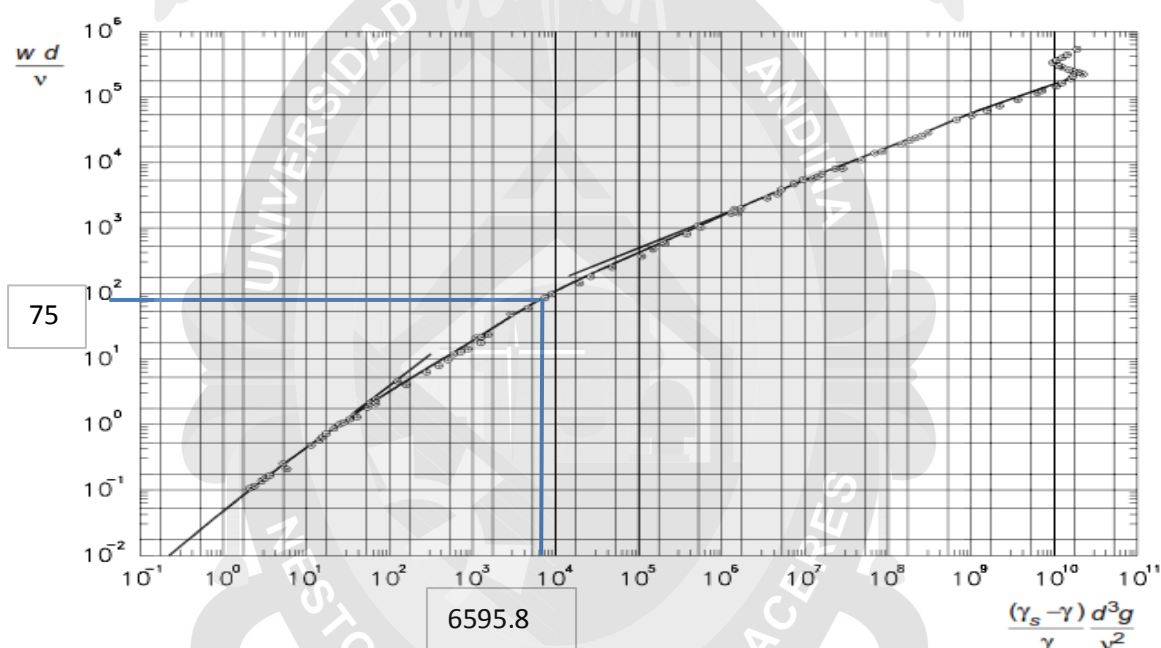
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 2.549$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 48.422$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DETERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr =$

0.177 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu =$

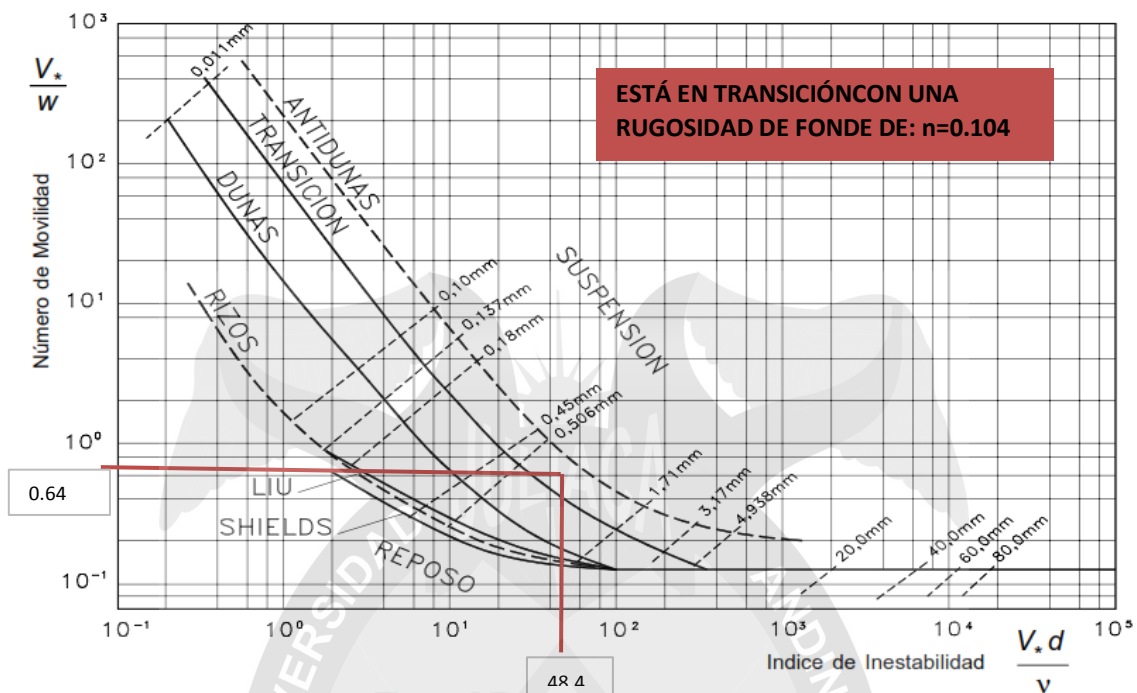
0.054

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación:

$Q_s/Q =$

0.980



COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.072 | 0.104 | 0.104 |

Se producen mucho arrastre según esta comparación

MICRORUGOSIDAD Y MACRORUGOSIDAD PARA ARENA GRUESA LARAQUERI 06

DATOS DEL CANAL:

| | |
|------------|-------------|
| S°= | 0.5 |
| S= | 0.00873 m/m |

| | |
|-------------------|--------------|
| yt= | 15.9 cm |
| yr= | 11.2 cm |
| b= | 30 cm |
| n1 (pared) | 0.009 vidrio |
| n2 (fondo) | 0.018 ARENA |

DATOS DEL FLUIDO:

| | |
|------------|------------------------------|
| T°= | 12.1 °C |
| γ= | 1000 kg/m ³ |
| υ= | 1.2383E-06 m ² /s |

DATOS DEL SOLIDO:

| | |
|-------------|--------------------------|
| ys= | 2454.9 kg/m ³ |
| d50= | 0.000892 |

b= base de canal

A= área

p= perim. Mojado

yt= altura total

yr= altura real

n= rugosidad

v= velocidad

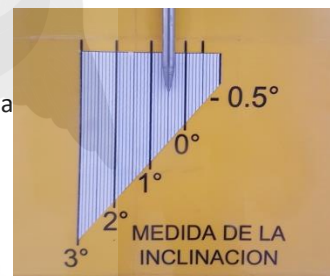
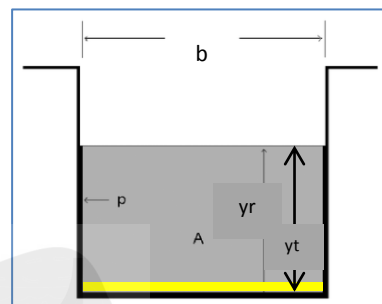
s= pendiente

T°= temperatura

Y= peso específico

d= diámetro de partícula

U= viscosidad



PARA MANNING

| | | |
|-------------|-------------|--------|
| φ | 1.000054796 | |
| n1 | 0.009 | vidrio |
| n2 | 0.018 | ARENA |
| So | 0.00873 | |
| Rh | 0.0641 | m |
| p | 0.524 | m |
| yr | 0.112 | m |
| b | 0.3 | m |
| área | 0.0336 | |

VELOCIDAD CON CORRENTOMETRO:

INDICATOR READING 27 **LINEAR VELOCITY** 20.26

LINEAR VELOCITY 134 **INDICATOR READING** 220.43

$$V = \frac{\phi}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$n = \frac{\phi}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

v CORRENTÓMETRO: 0.2026 m/s

REEMPLAZAMOS PARA CALCULAR n:

n manning= 0.074 **n de fondo**

FÓRMULA COMPUESTA PARA 2 TIPOS DE RUGOSIDADES:

$$n_2 = \left[\frac{\left(\frac{A^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{v} \right)^{\frac{3}{2}} - 2n_1^{\frac{3}{2}} x y_r}{b} \right]^{2/3}$$

| | |
|-----|--|
| n1= | rugosidad de la pared del canal |
| n2= | rugosidad de la base del canal |
| yr= | altura alcanzada por el agua en la pared del canal |
| b= | altura alcanzada por el agua en la base del canal |
| v= | velocidad |

| | | |
|-----|-------|-----------------------|
| n2= | 0.106 | con n fondo y n pared |
|-----|-------|-----------------------|

LOS CUATROS COEFICIENTES DE STRICKLER

V 0.2026 m/s

corrent=

Q= 0.00681 m3/s.
6.807 lts/s.

Rh 0.0641 m

Km= 13.537 Rug de canal

n= 0.074

MICRO RUGOSIDAD

Kr= 67.691 microrugosidad

n= 0.015

RUGOSIDAD DE LA PARED

n 0.009

pared=

Kw= 111.111 Rug. Pared

RUGOSIDAD DE FONDO

Ks= 9.449 Rug. Fondo

n 0.106

fondo=

CAUDAL QUE PROCEDE EL TRANSPORTE DE SOLIDOS

As= 0.033 m2.

Rs= 0.1100

Qs= 0.0067 m3/s.
6.684 lts/s.

VERIFICACIÓN

Aw= 0.0006 m2.

A total= 0.0336 m2.

SE RELACIONA

Qs/Q= 0.982

FASE DE TRANSPORTE

Hallamos el número de movilidad

v*/w numero de movilidad

v*= velocidad de corte

w= velocidad de
caída

PASO 1:

$$K_m = \frac{v}{R^{2/3} S^{1/2}} n_{\text{manning}} = \frac{1}{K}$$

$$K_r = \frac{21}{d50^{1/6}}$$

$$K_w = \frac{1}{n_{\text{pared}}}$$

$$K_s = \frac{b^{2/3} K_w K_m}{[b K_w^{3/2} + 2y(K_w^{3/2} - K_m^{3/2})]^{2/3}}$$

$$A_s = \frac{v^{3/2} b}{K_s^{3/2} S^{3/4}} \quad R_s = \frac{A_s}{b}$$

$$A_w = \frac{v^{3/2} 2y}{K_w^{3/2} S^{3/4}}$$

OK

$$v^* = \sqrt{g R_s}$$

$v^* = 0.0741 \text{ m/s}$

PASO 2:

GRAFICO DE YALIN:

$Y_{alin} = 6595.801$

$$Y_{alin} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{d^3 g}{v^2}$$

$wd/v = 75$

$w = 0.1042 \text{ m/s}$

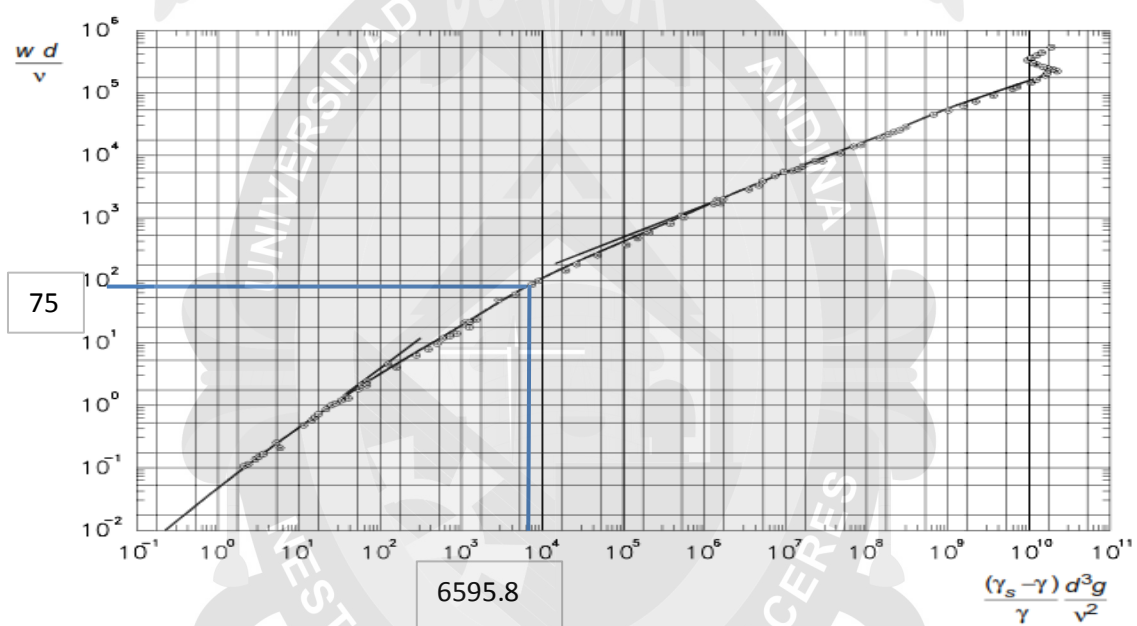
PASO 3: NUMERO DE MOVILIDAD

$v^*/w = 0.711$

PASO 4: INDICE DE INESTABILIDAD

$v^*d/u = 53.344$

PASO 5: DETERMINACIÓN POR GRÁFICO



PASO 6: DEERMINAR EL NÚMERO DE FROUDE

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr = v/(\sqrt{g \cdot y})$

Canales Rectangulares

$Fr =$

0.193 < 1

Flujo subcrítico

VERIFICACION EN RIZOS:

COEFICIENTES DE RIZOS μ :

$\mu =$

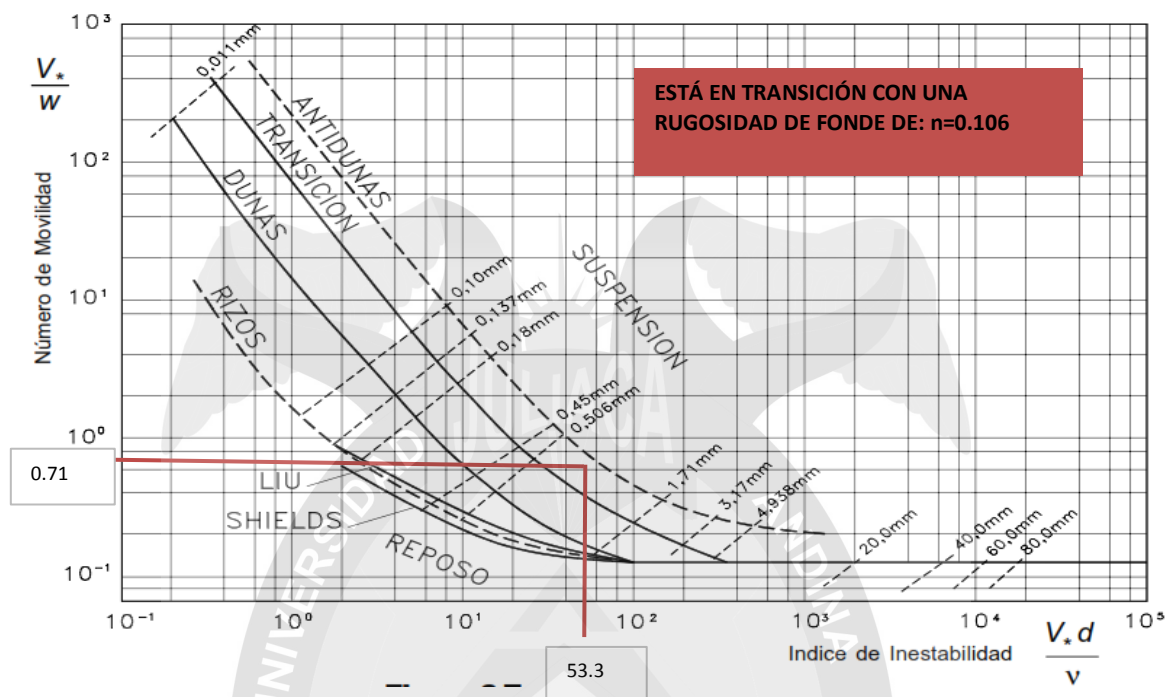
0.052

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K_v} \right)^{3/2}$$

Relación:

$Q_s/Q =$

0.982

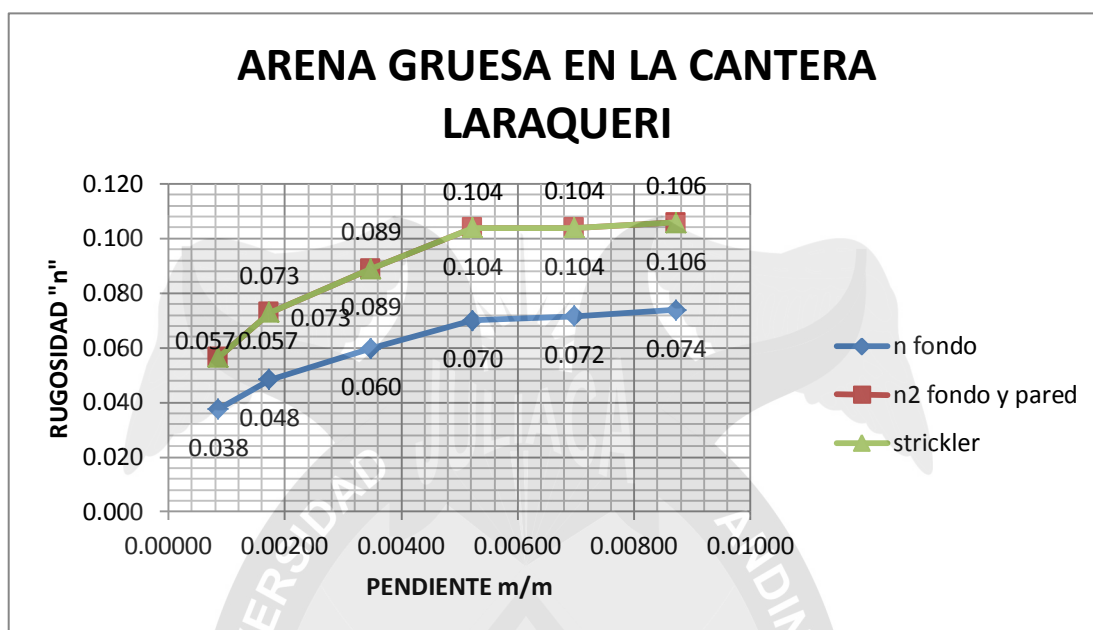


COMPARACIÓN CON LA MACRO RUGOSIDAD

| | MIN | MAX | n manning | n2 | strickler |
|-----------------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| RIZOS: | 0.018 | 0.028 | | | |
| RIZO SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | | | |
| DUNAS | 0.02 | 0.04 | | | |
| | | | 0.074 | 0.106 | 0.106 |

Se producen mucho arrastre según esta comparación

RESULTADOS OBTENIDOS:



En la presente gráfica se puede observar que las formulas aplicadas tienen una cierta igualdad entre el N2 FONDO Y PARED DE MANNING y N FONDO STRICKLER siendo estas más cercanas a un valor real debido a que utilizan formulas compuestas mientras que N FONDO DE MANNING es una fórmula que utiliza solo un valor de "n" sin considerar pared ni otros factores. se observa que a medida que la pendiente aumenta el valor de "n" también aumenta teniendo en resumen la siguiente tabla en contraste con la gráfica mostrada:

| PENDIENTE Ángulo ° | PENDIENTE m/m | n fondo Manning | n2 fondo y pared Manning | n fondo strickler |
|-----------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 0.05 | 0.00087 | 0.038 | 0.057 | 0.057 |
| 0.1 | 0.00174533 | 0.048 | 0.073 | 0.073 |
| 0.2 | 0.00349067 | 0.060 | 0.089 | 0.089 |
| 0.3 | 0.00523604 | 0.070 | 0.104 | 0.104 |
| 0.4 | 0.00698143 | 0.072 | 0.104 | 0.104 |
| 0.5 | 0.00872687 | 0.074 | 0.106 | 0.106 |

CONCLUSIONES:

- Después de realizar los ensayos en el canal de pendiente variable se observa que los valores de Manning con 2 rugosidades y con los coeficientes de Strickler tienen los mismos valores mientras que la rugosidad de la fórmula de Manning simple con la rugosidad de fondo tiene valores muy bajos y quedan descartados para estos ensayos.
- Según los valores pre establecidos por Chie, Yen Ben. (1992). Dimensionally Homogeneous Manning's Formula. en Journal of Hydraulic Engineering, sus coeficientes de Manning para arenas son:

| Superficie | ng | | | | | |
|---------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | Mínimo | | Medio | | Máximo | |
| | m 1/6 | ft 1/6 | m 1/6 | ft 1/6 | m 1/6 | ft 1/6 |
| Arena o grava | 0,050 | 0,062 | 0,075 | 0,090 | 0,110 | 0,135 |

Mientras los valores obtenidos de los ensayos son:

| A. fina llave | A. fina Laraqueri | A. media llave | a. Media Laraqueri | A. gruesa Laraqueri |
|---------------|-------------------|----------------|--------------------|---------------------|
| 0.044 | 0.029 | 0.055 | 0.052 | 0.057 |
| 0.046 | 0.042 | 0.078 | 0.073 | 0.073 |
| 0.056 | 0.049 | 0.096 | 0.087 | 0.089 |
| 0.060 | 0.0515 | 0.101 | 0.089 | 0.104 |
| 0.0603 | 0.057 | 0.101 | 0.0928 | 0.104 |
| 0.062 | 0.0487 | 0.103 | 0.100 | 0.106 |

Teniendo un Factor "n" promedio de la siguiente manera:

| | Mínimo | | Medio | | Máximo | |
|-------|--------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|
| | llave | Laraqueri | llave | Laraqueri | llave | Laraqueri |
| Arena | 0.044 | 0.029 | 0.101 | 0.089 | 0.103 | 0.106 |

Se observa que estos valores son aproximados con los de Chie, Yen Ben. (1992). Dimensionally Homogeneous Manning's Formula en Journal of Hydraulic Engineering.

- Para el valor de macro y microrugosidad mixta se llega a la conclusión de que conforme a la teoría de Arturo Rocha y Hector Rodríguez no siempre se llega a

cumplir lo que se aprecia en el laboratorio ya que estos al momento de comparar con las tablas los valores son diferentes con respecto a las arenas medias y gruesas mientras que las finas cumplen hasta cierta parte con lo establecido.

Relación entre las formas de fondo y el coeficiente de rugosidad n de Manning, de acuerdo con la zona de flujo

| ZONA DE FLUJO | FORMA DE FONDO | n DE MANNING | | MARGENES DE AJUSTE (%) | |
|---------------|----------------------|--------------|--------|------------------------|--------|
| | | MÍNIMO | MÁXIMO | MÍNIMO | MÁXIMO |
| INFERIOR | RIZOS | 0.018 | 0.028 | 10.00% | 10.00% |
| | RIZOS SOBRE DUNA | 0.019 | 0.032 | 10.00% | 10.00% |
| | DUNAS | 0.02 | 0.04 | 15.00% | 15.00% |
| SUPERIOR | FONDO PLANO | 0.01 | 0.013 | 8.00% | 8.00% |
| | ANTINUNAS | 0.01 | 0.015 | 10.00% | 10.00% |
| | ESTACIONARIAS | | | | |
| | ANTIDUNAS ROMPIENTES | 0.012 | 0.012 | 15.00% | 15.00% |
| | POZOS Y RÁPIDOS | 0.018 | 0.035 | 20.00% | 25.00% |

Fuente: Rodríguez Díaz, Héctor Alfonso. (MODIFICADO PARA LA HIPOTESIS).

En la tabla superior se puede ver que los valores son mínimos a lo calculado en los ensayos de laboratorio cumpliendo solo para material con una pendiente de 0.05°

- Mientras la pendiente aumente, los factores de rugosidad se vuelven más inestables, debido a que el transporte de sólidos se producirá con mayor velocidad.
- Los rizos se producen generalmente en los ensayos con pendientes bajas de 0.05° a 0.2° rizos sobre dunas en pendientes de 0.3° y 0.4° mientras que las dunas y en pendientes de 0.5° se producen dunas este se produce en arenas finas y medias; mientras que en arenas gruesas solo se producen rizos en pendientes de 0.05° a 0.3° y rizos sobre dunas en pendientes de 0.4° y 0.5° .
- En la cantera del río llave se presenta lo siguiente:

| CLASIFICACION DEL SUELO | | | |
|-------------------------|---|-----------|--|
| AASHTO | : | A-1-b (0) | |
| SUCS | : | SP | |
| % de Grava | : | 1.89 % | |
| % de Arena | : | 97.69 % | |
| % Pasa N° 200 | : | 0.43 % | |

Mientras que en la cantera de Laraqueri se presenta:

| CLASIFICACION DEL SUELO | | |
|-------------------------|---|-----------|
| AASHTO | : | A-1-b (0) |
| SUCS | : | SP |
| | | |
| % de Grava | : | 10.89 % |
| % de Arena | : | 88.43 % |
| % Pasa N° | : | 0.68 % |
| 200 | | |

En estas tablas se da a entender que en llave se obtienen una arena con granulometría más fina esta hace que en Laraqueri es por ello que en la cantera del río llave no se realizó ensayos para arena gruesa.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda que para próximos tesis analicen los coeficientes de rugosidad para diversos materiales como grava, arcilla piedra para tener un análisis más completo en lo que respecta los coeficientes de rugosidad en el altiplano peruano.
- Para próximas investigaciones realizar ensayos en diferentes ríos o cuencas de la región de Puno para ver el nivel de variación como se encontró en llave con Laraqueri.
- La Tesis realizada tiene un aporte para las obras de ingeniería hidráulica ya que estas tienen un valor con lo que respecta a los coeficientes de macro y micro rugosidad para el altiplano y la región de Puno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- CARMONA GONZALES, Erick Augusto. (2009). "Hidráulica de Canales Abiertos "Compendio""
- Chie, Yen Ben. (1992). Dimensionally Homogeneous Manning's Formula. en Journal of Hydraulic Engineering.
- CHOQUEHUANCA GÓMEZ, Juan Ronal. (2013). "Evaluación de la velocidad de flujo en función de la Rugosidad en Canales de Concreto Modulo Cabana – Mañazo Puno 2012"
- GÁLVEZ RIBERIN, Hector Ernesto; CAMACHO SALAZAR, Wilde Roberto. (2006). MODERNIZACIÓN DE LA ENSEÑANZA APRENDIZAJE EN LA ASIGNATURA DE HIDRÁULICA II (CIV 230). Cochabamba-Bolivia.
- GARDE R. J; RANGA Raja K. (1985). Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems. John Wiley & Sons, New York. (USA).
- JIMÉNEZ PUIG, Patricia. (2006). Estudio sobre estabilidad de traviesas y lechos de escollera con transporte sólido. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona.
- MARTÍNEZ RAMOS, Hernán Pedro. (2011). Evaluación experimental de los coeficientes de gastos utilizados en fórmulas de vertederos en diferentes condiciones de operación. Perú.
- ROCHA, Arturo. (2007). Hidráulica de Tuberías y Canales. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú.
- RODRIGUEZ DIAZ, Héctor Alfonso. (2010). Hidráulica fluvial. Fundamentos y aplicaciones. Socavación. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá-Colombia.
- RODRÍGUEZ RUIZ, Pedro. (2008). Hidráulica II, Oaxaca. A. C.
- TE CHOW, Ven. (1994). Hidráulica De Canales Abiertos. Editorial Mc Graw Hill.
- VILLÓN BÉJAR, Máximo. (1995). Hidráulica de Canales, Editorial Tecnológica de Costa Rica.

ANEXOS:

GALERÍA FOTOGRÁFICA:

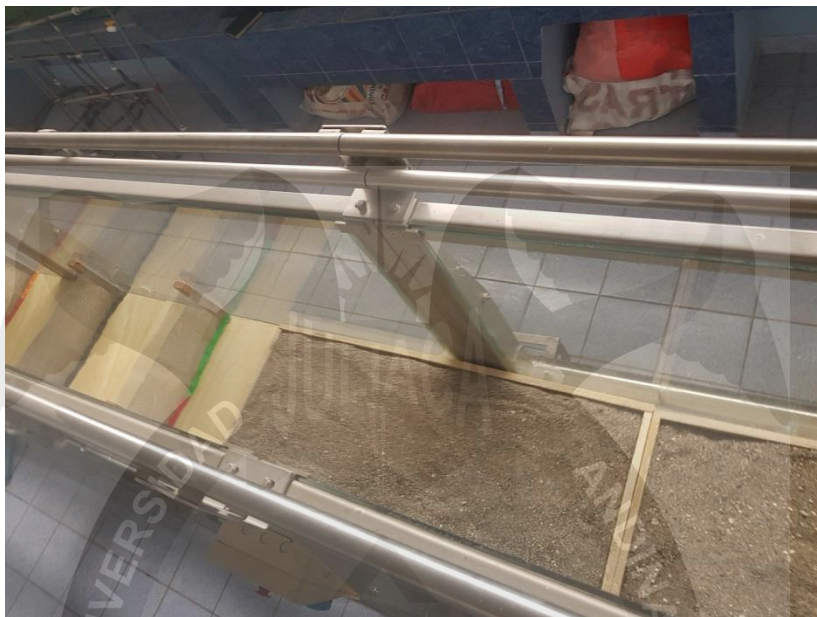
Fotografía 18. Colocación de material en las cajas contenedoras para la estimación de coeficientes de rugosidad.



Fotografía 19. Colocación de las cajas con el materia en el canal de pendiente variable.



Fotografía 20. Colocación de mallas que retendrán el material que pueda ser arrastrado.



Fotografía 21. Material retenido por las mallas de seguridad.



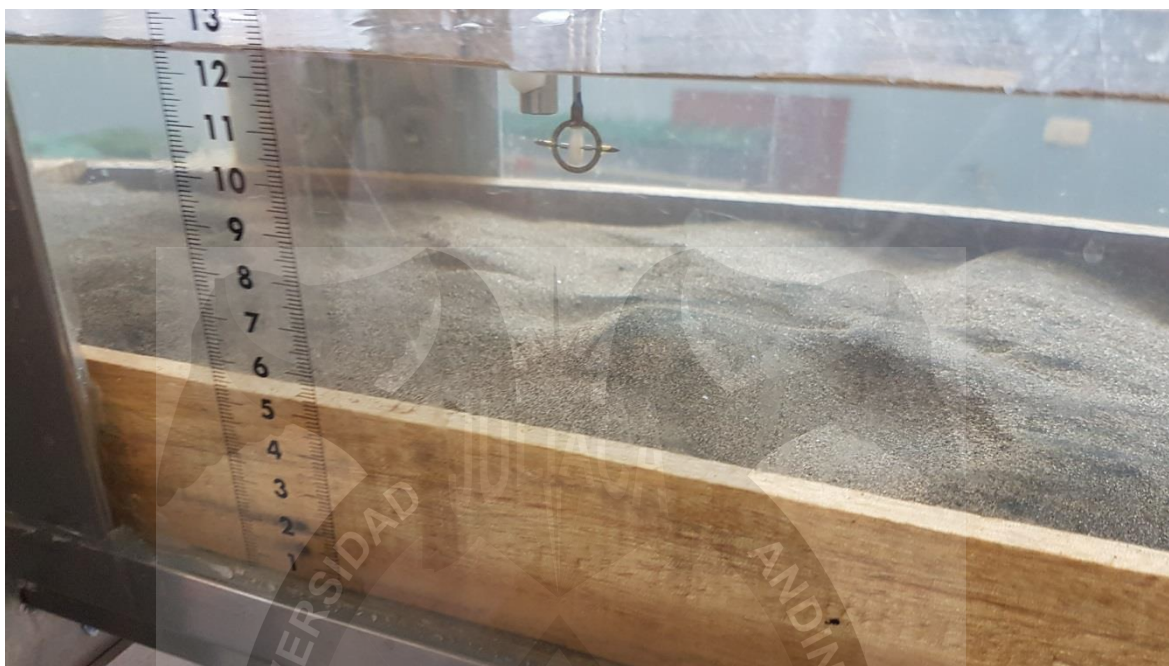
Fotografía 22. Uso de saquillos de harina para retención de arena fina.



Fotografía 23. Formación de rizos en arenas finas.



Fotografía 24. Formación de dunas en arenas finas.



Fotografía 25. Formación de rizados en arenas medias.



Fotografía 26. Formación de rizos sobre dunas en arena media.



Fotografía 27. Formación de rizos en arena gruesa.



RESULTADOS DE LABORATORIO:



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE HIDRAULICA



DETERMINACION DE RUGOSIDADES EN EL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE

TESIS : "ESTIMACION ADECUADA DE COEFICIENTES DE MACRO Y MICRO RUGOSIDAD CON ARENAS EN EL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE PARA SU USO EN EL ALTIPLANO PERUANO".

SOLICITANTE : Bach. Raúl Carlos Eduardo Millones Rodríguez.

MUESTRA : Cantera Laraqueri - Arena Fina.

FECHA : 17 Mayo 2018.

TABLA DE DATOS GENERALES

| DATOS DEL CANAL | | | |
|------------------|------------|--------|--------------------------------------|
| S° | 0.05 - 0.5 | | b = base de canal |
| S | 0.00873 | m/m | a = área |
| Yt | 11.1 | cm | p = Perímetro Mojado |
| Yr | 6.1 | cm | yt = altura total |
| B | 30 | cm | yr = altura real |
| n1 (pared) | 0.009 | vidrio | n = rugosidad |
| n2 (fondo) | 0.018 | ARENA | v = velocidad |
| DATOS DEL FLUIDO | | | S = pendiente |
| T° | 12.1 | °C | T° = Temperatura |
| Y | 1000 | kg/m3 | γ = peso específico |
| U | 1.2383E-06 | m2/s | d = diámetro de partícula |
| DATOS DEL SOLIDO | | | U = viscosidad |
| Ys | 2454.9 | kg/m3 | γs = peso específico seco |
| d50 | 0.000475 | | d50 = Diámetro de partícula de fondo |

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS

| PENDIENTE Angulo ° | PENDIENTE m/m | n fondo Manning | n2 fondo y pared Manning | n fondo strickler |
|-----------------------|------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 0.05 | 0.00087 | 0.023 | 0.029 | 0.029 |
| 0.10 | 0.00175 | 0.032 | 0.042 | 0.042 |
| 0.20 | 0.00349 | 0.038 | 0.049 | 0.049 |
| 0.30 | 0.00524 | 0.046 | 0.060 | 0.060 |
| 0.40 | 0.00698 | 0.045 | 0.057 | 0.057 |
| 0.50 | 0.00873 | 0.040 | 0.049 | 0.049 |

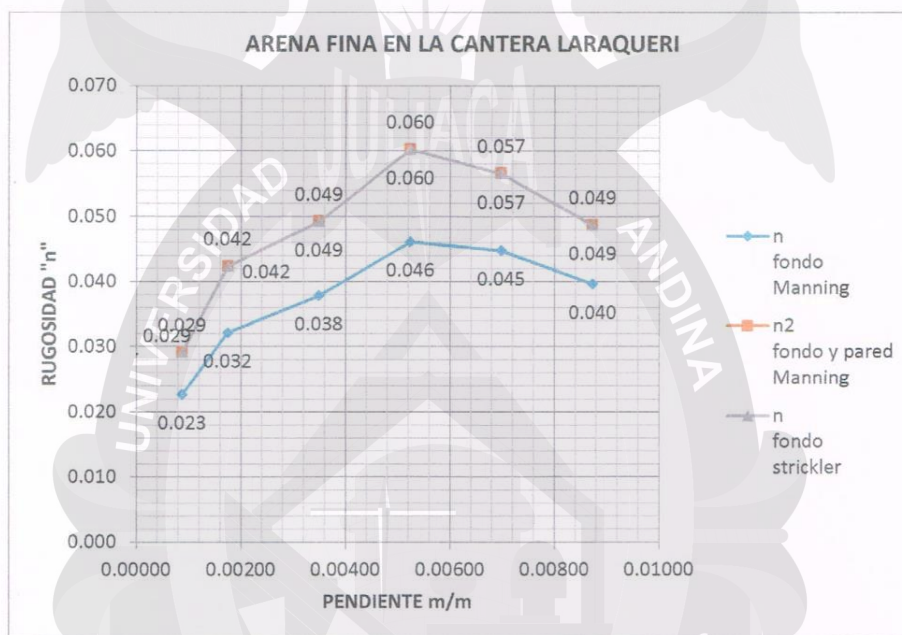


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Eduardo Conquihuanza Borda
JEFE DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA
CIP 58771

Pág. 1



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE HIDRAULICA



Juliaca, 08 de Agosto del 2018



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Edu Colquenzana Borda
JEFE DE LABORATORIO DE HIDRAULICA
CIP 58771



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE HIDRAULICA



DETERMINACION DE RUGOSIDADES EN EL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE

TESIS : "ESTIMACION ADECUADA DE COEFICIENTES DE MACRO Y MICRO RUGOSIDAD CON ARENAS EN EL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE PARA SU USO EN EL ALTIPLANO PERUANO".

SOLICITANTE : Bach. Raúl Carlos Eduardo Millones Rodríguez.

MUESTRA : Cantera Laraqueri - Arena Media.

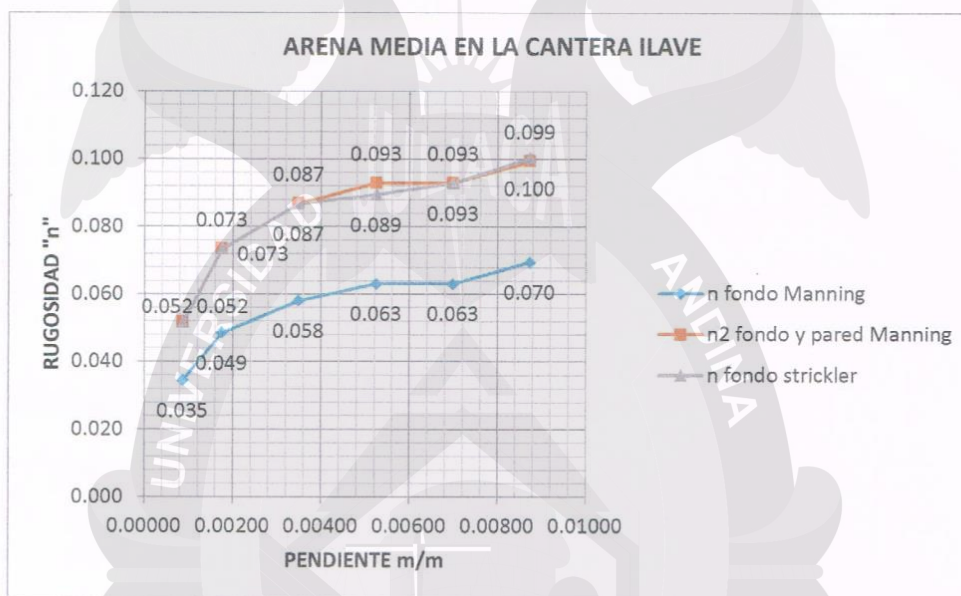
FECHA : 17 Mayo 2018.

| TABLA DE DATOS GENERALES | | | | |
|--------------------------|------------|--------|--------------------------------------|--|
| DATOS DEL CANAL | | | | |
| S° | 0.05 - 0.5 | | b = base de canal | |
| S | 0.00873 | m/m | a = área | |
| Yt | 11.1 | cm | p = Perímetro Mojado | |
| Yr | 6.1 | cm | yt = altura total | |
| B | 30 | cm | yr = altura real | |
| n1 (pared) | 0.009 | vidrio | n = rugosidad | |
| n2 (fondo) | 0.018 | ARENA | v = velocidad | |
| DATOS DEL FLUIDO | | | S = pendiente | |
| T° | 12.1 | °C | T° = Temperatura | |
| Y | 1000 | kg/m3 | γ = peso específico | |
| U | 1.2383E-06 | m2/s | d = diámetro de partícula | |
| DATOS DEL SOLIDO | | | U = viscosidad | |
| ys | 2454.9 | kg/m3 | ys = peso específico seco | |
| d50 | 0.000475 | | d50 = Diámetro de partícula de fondo | |

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS

| PENDIENTE Angulo ° | PENDIENTE m/m | n fondo Manning | n2 fondo y pared Manning | n fondo strickler |
|-----------------------|------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 0.05 | 0.00087 | 0.035 | 0.052 | 0.052 |
| 0.10 | 0.00175 | 0.049 | 0.073 | 0.073 |
| 0.20 | 0.00349 | 0.058 | 0.087 | 0.087 |
| 0.30 | 0.00524 | 0.063 | 0.0928 | 0.089 |
| 0.40 | 0.00698 | 0.063 | 0.0928 | 0.0928 |
| 0.50 | 0.00873 | 0.0696 | 0.0993 | 0.100 |



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE HIDRAULICA

Juliaca, 08 de Agosto del 2018

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Edy Colquerruaga Borda
JEFE DE LABORATORIO DE HIDRAULICA
CIP 58771



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE HIDRAULICA



DETERMINACION DE RUGOSIDADES EN EL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE

TESIS : "ESTIMACION ADECUADA DE COEFICIENTES DE MACRO Y MICRO RUGOSIDAD CON ARENAS EN EL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE PARA SU USO EN EL ALTIPLANO PERUANO".

SOLICITANTE : Bach. Raúl Carlos Eduardo Millones Rodríguez.

MUESTRA : Cantera Laraqueri – Arena Gruesa.

FECHA : 17 Mayo 2018.

| TABLA DE DATOS GENERALES | | | | |
|--------------------------|------------|--------|--------------------------------------|--|
| DATOS DEL CANAL | | | | |
| S° | 0.05 - 0.5 | | b = base de canal | |
| S | 0.00873 | m/m | a = área | |
| Yt | 11.1 | cm | p = Perímetro Mojado | |
| Yr | 6.1 | cm | yt = altura total | |
| B | 30 | cm | yr = altura real | |
| n1 (pared) | 0.009 | vidrio | n = rugosidad | |
| n2 (fondo) | 0.018 | ARENA | v = velocidad | |
| DATOS DEL FLUIDO | | | S = pendiente | |
| T° | 12.1 | °C | T° = Temperatura | |
| Y | 1000 | kg/m3 | γ = peso específico | |
| U | 1.2383E-06 | m2/s | d = diámetro de partícula | |
| DATOS DEL SOLIDO | | | U = viscosidad | |
| γs | 2454.9 | kg/m3 | γs = peso específico seco | |
| d50 | 0.000892 | | d50 = Diámetro de partícula de fondo | |

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS

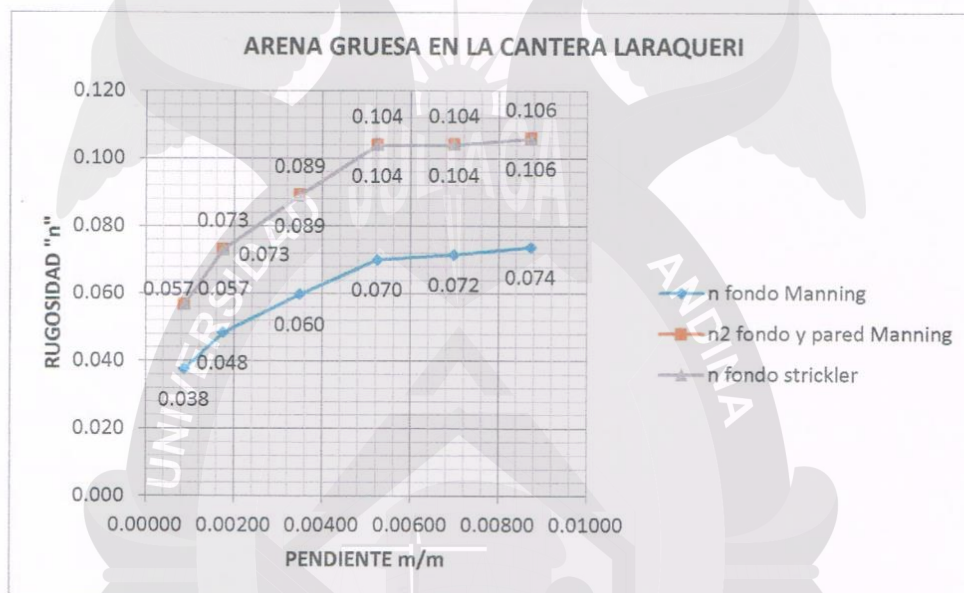
| PENDIENTE Angulo ° | PENDIENTE m/m | n fondo Manning | n2 fondo y pared Manning | n fondo strickler |
|-----------------------|------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 0.05 | 0.0087 | 0.038 | 0.057 | 0.057 |
| 0.10 | 0.00175 | 0.048 | 0.073 | 0.073 |
| 0.20 | 0.00349 | 0.060 | 0.089 | 0.089 |
| 0.30 | 0.00524 | 0.070 | 0.104 | 0.104 |
| 0.40 | 0.00698 | 0.072 | 0.104 | 0.104 |
| 0.50 | 0.00873 | 0.074 | 0.106 | 0.106 |



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Edy Colquehuancu/Borda
JEFE DE LABORATORIO DE HIDRAULICA
CIP 56771



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE HIDRAULICA



Juliaca, 08 de Agosto del 2018



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Edy Colquehuancá Borda
JEFE DE LABORATORIO DE HIDRAULICA
CIP 58771



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE HIDRAULICA



DETERMINACION DE RUGOSIDADES EN EL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE

TESIS : "ESTIMACION ADECUADA DE COEFICIENTES DE MACRO Y MICRO RUGOSIDAD CON ARENAS EN EL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE PARA SU USO EN EL ALTIPLANO PERUANO".

SOLICITANTE : Bach. Raúl Carlos Eduardo Millones Rodríguez.

MUESTRA : Cantera llave- Arena Fina.

FECHA : 30 de Abril 2018.

| TABLA DE DATOS GENERALES | | | | |
|--------------------------|------------|--------|--------------------------------------|--|
| DATOS DEL CANAL | | | | |
| S° | 0.05 - 0.5 | | b = base de canal | |
| S | 0.00873 | m/m | a = área | |
| Yt | 11.1 | cm | p = Perímetro Mojado | |
| Yr | 6.1 | cm | yt = altura total | |
| B | 30 | cm | yr = altura real | |
| n1 (pared) | 0.009 | vidrio | n = rugosidad | |
| n2 (fondo) | 0.018 | ARENA | v = velocidad | |
| DATOS DEL FLUIDO | | | S = pendiente | |
| T° | 12.1 | °C | T° = Temperatura | |
| Y | 1000 | kg/m3 | Y = peso específico | |
| U | 1.2383E-06 | m2/s | d = diámetro de partícula | |
| DATOS DEL SOLIDO | | | U = viscosidad | |
| ys | 2454.9 | kg/m3 | ys = peso específico seco | |
| d50 | 0.000475 | | d50 = Diámetro de partícula de fondo | |

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS

| PENDIENTE Angulo ° | PENDIENTE m/m | n fondo Manning | n2 fondo y pared Manning | n fondo strickler |
|-----------------------|------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 0.05 | 0.00087 | 0.030 | 0.044 | 0.034 |
| 0.10 | 0.00175 | 0.042 | 0.056 | 0.056 |
| 0.20 | 0.00349 | 0.042 | 0.056 | 0.056 |
| 0.30 | 0.00524 | 0.046 | 0.060 | 0.060 |
| 0.40 | 0.00698 | 0.047 | 0.060 | 0.060 |
| 0.50 | 0.00873 | 0.049 | 0.062 | 0.062 |

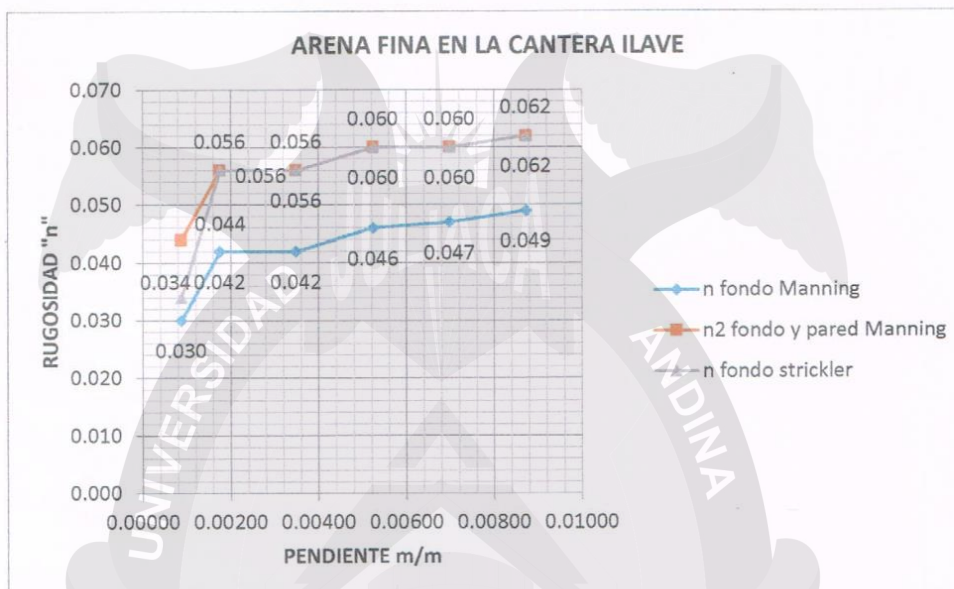


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Edy Colquehuanca Borda
JEFE DE LABORATORIO DE HIDRAULICA
CIP 58771

Pág. 1



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE HIDRAULICA



Juliaca, 08 de Agosto del 2018



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Edy Colquehuancá Borda
JEFE DE LABORATORIO DE HIDRAULICA
CIP 56771



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE HIDRAULICA



DETERMINACION DE RUGOSIDADES EN EL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE

TESIS : "ESTIMACION ADECUADA DE COEFICIENTES DE MACRO Y MICRO RUGOSIDAD CON ARENAS EN EL CANAL DE PENDIENTE VARIABLE PARA SU USO EN EL ALTIPLANO PERUANO".

SOLICITANTE : Bach. Raúl Carlos Eduardo Millones Rodríguez.

MUESTRA : Cantera llave- Arena Media.

FECHA : 30 de Abril 2018.

TABLA DE DATOS GENERALES

| DATOS DEL CANAL | | | |
|------------------|------------|--------|--------------------------------------|
| S° | 0.05 - 0.5 | | b = base de canal |
| S | 0.00873 | m/m | a = área |
| Yt | 11.1 | cm | p = Perímetro Mojado |
| Yr | 6.1 | cm | yt = altura total |
| B | 30 | cm | yr = altura real |
| n1 (pared) | 0.009 | vidrio | n = rugosidad |
| n2 (fondo) | 0.018 | ARENA | v = velocidad |
| DATOS DEL FLUIDO | | | S = pendiente |
| T° | 12.1 | °C | T° = Temperatura |
| Y | 1000 | kg/m3 | Y = peso específico |
| U | 1.2383E-06 | m2/s | d = diámetro de partícula |
| DATOS DEL SOLIDO | | | U = viscosidad |
| YS | 2454.9 | kg/m3 | YS = peso específico seco |
| d50 | 0.000475 | | d50 = Diámetro de partícula de fondo |

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS

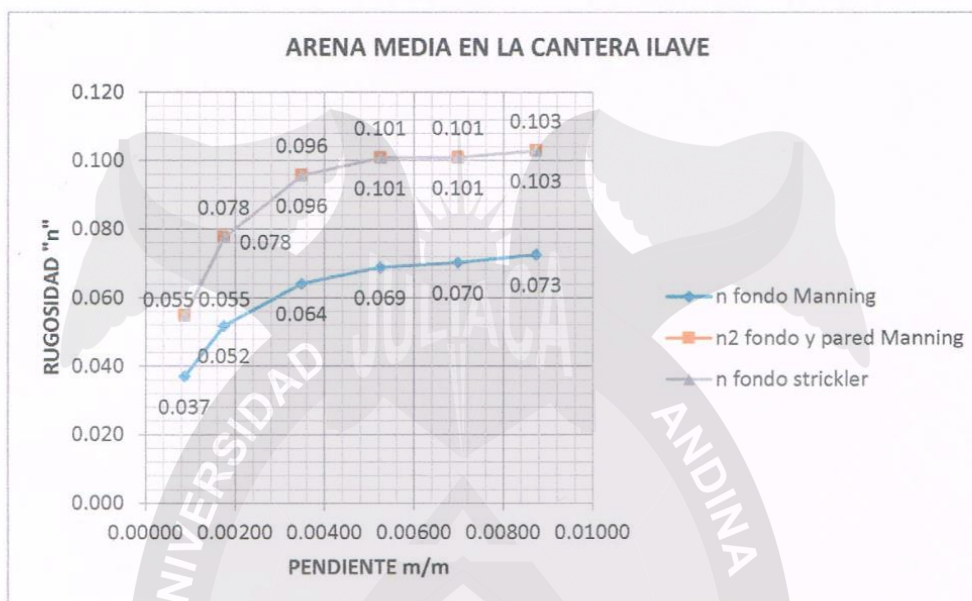
| PENDIENTE Angulo ° | PENDIENTE m/m | n fondo Manning | n2 fondo y pared Manning | n fondo strickler |
|-----------------------|------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 0.05 | 0.00087 | 0.037 | 0.055 | 0.055 |
| 0.10 | 0.00175 | 0.052 | 0.078 | 0.078 |
| 0.20 | 0.00349 | 0.064 | 0.096 | 0.096 |
| 0.30 | 0.00524 | 0.069 | 0.101 | 0.101 |
| 0.40 | 0.00698 | 0.070 | 0.101 | 0.101 |
| 0.50 | 0.00873 | 0.073 | 0.103 | 0.103 |



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Edy Colquehuancu Borda
JEFE DE LABORATORIO DE HIDRAULICA
CIP 58771



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE HIDRAULICA



Juliaca, 08 de Agosto del 2018



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Edy Colquehuancá Borda
JEFE DE LABORATORIO DE HIDRAULICA
CIP 58771